

## 明 細 書

## 無線伝送制御方法並びに無線受信装置及び無線送信装置

## 技術分野

- [0001] この発明は、無線受信装置と無線送信装置がそれぞれ複数のアンテナを用いてSDM伝送を行うMIMOシステムにおける無線伝送制御方法、並びに無線受信装置、及び無線送信装置に関するものである。

## 背景技術

- [0002] 近年、無線通信はその利便性により目覚しく普及している。このため、利用周波数の逼迫対策が急がれている。この周波数を有効に利用する技術の一つとして、近年送受信機で複数のアンテナを用いて高速信号伝送を行うMIMO(Multi-Input Multi-Output)システムの研究が盛んに行われている。MIMOシステムでは、送受信機で複数のアンテナを用いることにより、送受信機が1個のアンテナの場合より高容量が達成できることが知られている。
- [0003] MIMOシステムでは、複数の送信アンテナからそれぞれ個別に信号を送信し、受信側では信号処理を用いて各信号を抽出するSDM(Space Division Multiplexing)伝送が多く研究されている。そこで、以下ではSDM伝送の代表的な文献に基づき従来技術の説明を行う(例えば、非特許文献1及び2参照)。
- [0004] 図32及び図33にSDM伝送を行う送受信機の構成を示す。SDM伝送では、送信機の各アンテナから個別に時系列の信号を送信し、図33に示すように、受信機では個々の送信信号に対応するビーム形成を用いて信号受信する。この信号処理構成について、以下で説明を行う。なお、送信アンテナをN本、受信アンテナをM本、送信アンテナ $n$ から受信アンテナ $m$ への伝搬係数を $h_{mn}$ 、送受信機間の伝搬特性を行列 $H=[h_{mn}]$ として説明を進める。
- [0005] 図32に示すように送信機の端末A1ではN本の送信アンテナ3から時系列の送信信号 $s_n(p)(n=1, \dots, N)$ を送信する。送信信号は伝搬路5を通過して、M本の受信アンテナ4で受信される。受信機の端末B2では、受信信号に対し、受信ウェイト乗算部131、132、133でウェイト $v_m$ を乗じて信号合成を行なう。

[0006] 以下では、この一連の過程を数式を用いて表す。受信アンテナ4での受信信号を $x_m(p)$ とすると、受信ベクトル $x(p)=[x_1(p), \dots, x_M(p)]^T$  ( $T$ は転置)は次式で与えられる。

$$[0007] \quad x(p) = \sum_n 1^N h_n s_n(p) + z(p)$$

ここで、 $s_1(p), \dots, s_N(p)$ は送信信号、 $h_n=[h_{1n}, \dots, h_{Mn}]^T$ は送信アンテナ3から $M$ 本の受信アンテナ4への伝搬ベクトル、 $z(p)=[z_1(p), \dots, z_M(p)]^T$ は雑音ベクトル、 $z_m(p)$ はアンテナ4での雑音成分を表す。

[0008] また、受信側の端末B2では送信アンテナ3からの信号 $s_n(p)$ を受信するために適したウエイト $v_n=[v_{n1}, \dots, v_{nM}]^T$ を決定する。信号合成後の出力 $y_n(p)$ は次式で与えられる。

$$[0009] \quad y_n(p) = v_n^T x(p) \\ = \sum_{n0} 1^N (v_n^T h_{n0}) s_{n0}(p) + v_n^T z(p)$$

[0010] 受信ウエイト $v_n$ にはさまざまな決定方法があるが、出力 $y_n(p)$ が信号 $s_n(p)$ に近づくよう各信信ウエイト $v_n$ を決定する。たとえば、ZF(Zero Forcing)基準に基づくウエイト決定では、次式が満たされるようにウエイト $v_n$ を決定する。

$$v_n^T h_{n0} = 1 \quad n0=n \text{ の場合} \\ v_n^T h_{n0} = 0 \quad n0 \text{ が } n \text{ 以外の場合} \quad (\text{式1})$$

[0011] (式1)は、希望信号 $s_n(p)$ が強く受信され、他の信号 $s_{n0}(p)$  ( $n0$ は $n$ 以外の整数)が抑圧される条件を示している。従って、希望信号のみを良好に受信することができる。また、異なる $n$ に対して異なるウエイト $v_n$ を用いて信号受信することで、複数の信号を分離して取り出すことができ、空間的に多重伝送することができる。なお、ここでは一例としてZF基準に基づくウエイト決定法を述べたが、この他にMMSE合成法などの類似したウエイト演算法がある。いずれのウエイト演算法も基本的には(式1)と同様に、希望信号以外の信号を抑圧することを目的としている。

[0012] このように受信側の端末B2では複数の信号の中から希望信号以外の信号を抑圧することで、空間多重伝送方式(SDM; Space Division Multiplexing)を実現できる。SDM伝送では、同時に複数の信号を伝送するため、送受信機が単一アンテナを用いる従来の伝送方式と比較して、高速な信号伝送が可能となる利点がある。

[0013] しかし、現実には(式1)は、信号多重数 $N$ が受信アンテナ数 $M$ 以下の場合( $N \leq M$ )に実現可能であるが、 $N > M$ の場合には実現不可能となる。この内容を理解するため

、より詳細な説明を行う。(式1)において、ベクトル $v_n$ 及び $h_{n0}$ はそれぞれM次元空間上の一つのベクトルとして表すことができる。また、 $v_n^T h_{n0}$ はベクトルの内積であり $v_n^T h_{n0} = 0$ となるのは、 $v_n$ と $h_{n0}$ がM次元空間上で直交関係にある状態に相当する。ところで、M次元空間上でM-1個の独立なベクトル $h_{n0}$ と直交する1つのベクトル $v_n$ を設定することは可能であるが、M個以上の独立なベクトル $h_{n0}$ と直交するベクトル $v_n$ を設定することは不可能である。従って、理論上M個以上の独立なベクトル $h_{n0}$ に対して $v_n^T h_{n0} = 0$ の関係を満たすことは不可能であり、 $N > M$ の場合に(式1)は実現不可能となる。

[0014] その結果、信号多重数Nが受信アンテナ数Mよりも大きい場合、受信側ではいかなるウェイト $v_n$ を用いても、他の信号の抑圧を十分行えない。そのため、受信信号品質は急速に劣化する。この状況を避けるためには、送信アンテナ数が受信アンテナ数よりも多い環境において、空間多重伝送を円滑に行う方法が必要とされるが、現在までにその解決策は示されていない。

[0015] 非特許文献1:A. V. Zelst, R. V. Nee, and G. A. Awater,「Space Division Multiplexing (SDM) for OFDM systems」IEEE Proc. of VTC2000 Spring, pp. 1070--1074, 2000

非特許文献2:黒崎、浅井、杉山、梅比良、「MIMOチャネルにより100Mbit/sを実現する広帯域移動通信用SDM-COFDM方式の提案」信学技報、RCS2001-135, Oct. 2001

発明の開示

発明が解決しようとする課題

[0016] 従来手法のビーム形成法では送信アンテナ数が受信アンテナ数よりも少ない場合に円滑に空間多重伝送を行うことができる。しかし、現実の無線通信では、送信アンテナ数が受信アンテナ数より多くなる環境が多く存在する。この場合、従来の伝送方法を用いて、各送信アンテナから異なる信号を同時送信すると、受信側では互いの信号を分離できず、受信信号品質が大きく劣化する。従って、送信アンテナ数が受信アンテナ数よりも多い環境において、互いに信号を分離でき、高品質な信号伝送を行える方法が必要とされている。

[0017] また、送信アンテナ数が受信アンテナ数より少ない場合であっても、全ての送信ア

ンテナを用いて信号を送信する方法が必ずしも伝送効率がよいとは限らない。例えば、2つの伝搬ベクトル $h_{n0}$ と $h_{n1}$ が互いに類似している場合には、一方の信号 $h_{n1}$ を抑圧することによって、希望信号 $h_{n0}$ も抑圧されてしまう場合もある。このような場合には、2つの信号を送信するよりも、一方の信号を停止する方が良好な信号伝送を行える場合も考えられる。

- [0018] このように、信号の送信手法を制御することによって、より効率的な信号伝送が可能となる可能性がある。MIMOシステムにおいてより効率的な信号伝送を可能とする送受信間の制御方法及び通信方式が必要とされている。

#### 課題を解決するための手段

- [0019] この発明に係る無線伝送制御方法は、複数のアンテナを有する無線送信装置と、複数のアンテナを有する無線受信装置とを備え、複数の信号を相互にSDMで伝送するMIMOシステムにおいて、前記無線送信装置がパイロット信号を送信するステップと、前記無線受信装置は前記パイロット信号を受信し、前記パイロット信号に対応する伝送関連情報を推定するステップと、推定された前記伝送関連情報に基づいて前記無線送信装置において利用する送信信号を選定するステップと、前記利用する送信信号を記述した制御信号を前記無線送信装置へ通知するステップと、前記無線送信装置は通知された前記制御信号に基づいて利用するアンテナを選定し、選定されたアンテナから前記無線受信装置へ情報信号を送信するステップとを含むものである。
- [0020] また、この発明に係る無線受信装置は、無線送信装置との間でSDMにより信号を伝送する無線受信装置であって、前記無線送信装置から送信されたパイロット信号を受信する複数のアンテナと、前記複数のアンテナで受信された前記パイロット信号に対応する伝送関連情報を推定するパイロット信号検出部と、前記パイロット信号検出部で推定された前記伝送関連情報に基づいて前記無線送信装置において利用する送信信号を選定する送信信号判定部と、前記送信信号判定部で選定された前記利用する送信信号を記述した制御信号を前記無線送信装置へ通知する制御情報伝送部とを設けたものである。
- [0021] さらに、この発明に係る無線送信装置は、無線受信装置との間でSDMにより信号

を伝送する無線送信装置であって、複数のアンテナからパイロット信号を前記無線受信装置へ送信する信号送信部と、前記パイロット信号に対応する伝送関連情報に基づき前記無線受信装置で選定された利用する送信信号を記述した制御信号を、前記無線受信装置から受信する制御情報受信部と、前記制御情報受信部で受信された前記制御信号に基づいて利用するアンテナを選定する送信信号決定部とを設け、前記信号送信部は、前記送信信号決定部で選定されたアンテナから前記無線受信装置へ情報信号を送信するものである。

#### 発明の効果

- [0022] この発明に係る無線伝送制御方法は、無線送信装置からのパイロット信号により、無線受信装置は利用する送信信号を選定して無線送信装置に通知し、無線送信装置はこの利用する送信信号に基づき情報信号を無線受信装置に送信するので、無線受信装置では信号の分離を円滑に行うことができる情報信号を受信でき、伝送効率を向上することができる。
- [0023] また、この発明に係る無線受信装置は、無線送信装置から送信されたパイロット信号に対応する伝送関連情報を検出し、この検出情報に基づいて利用する送信信号を選定して無線送信装置に通知するので、伝搬環境、送受信アンテナ数などの状況に応じて信号の分離を円滑に行うことができる情報信号を受信でき、伝送効率を向上することができる。
- [0024] さらに、この発明に係る無線送信装置は、複数のアンテナからパイロット信号を送信し、このパイロット信号に対応する伝送関連情報に基づき受信機で選定された利用する送信信号を受信して、この利用する送信信号で情報信号を送信するので、無線受信装置側で、伝搬環境、送受信アンテナ数などの状況に応じて信号の分離を円滑に行うことができる情報信号が送信でき、伝送効率を向上することができる。

#### 図面の簡単な説明

- [0025] [図1]この発明の実施例1におけるMIMOシステム用送受信機の基本構成図である。
- [図2]実施例1における伝送制御方法を示すフローチャートである。
- [図3]実施例1において端末Bから端末Aへ制御信号を伝送する状況を示す図である

。

[図4]実施例1において端末Aから端末Bに情報信号を伝送する状況を示す図である

。

[図5]実施例1において用いるパイロット信号及び制御信号のフォーマット図である。

[図6]実施例1における端末Bのパイロット信号検出部の構成図である。

[図7]実施例2における送信信号判定部の概略を表す図である。

[図8]実施例2における送信信号判定部での処理手順を示すフローチャートである。

[図9]実施例3における送信信号判定部の概略を表す図である。

[図10]実施例3における送信信号判定部での処理手順を示すフローチャートである。

[図11]実施例4における送信信号判定部の構成を表す図である。

[図12]実施例4における送信信号判定部での処理手順を示すフローチャートである。

[図13]実施例4におけるSINR予測法を示す図である。

[図14]実施例4における出力SINRと評価値の関係を表すテーブルの図である。

[図15]実施例4における信号の組合せと評価値との対応を表すテーブルの図である

。

[図16]実施例4における送信信号判定部での制御手順を示すフローチャートである。

[図17]実施例5における出力SINRと伝送フォーマット及び評価値の関係を表すテーブルの図である。

[図18]実施例5における出力SINRと評価値の関係を表すテーブルの図である。

[図19]実施例5において用いる制御信号のフォーマットの一例を示す図である。

[図20]マルチキャリア通信システムの基本構成図である。

[図21]実施例6におけるマルチキャリアSDM伝送の送受信機の構成図である。

[図22]実施例7における送信信号判定部の構成を表す図である。

[図23]実施例7における送信信号判定部での処理手順を示すフローチャートである。

[図24]実施例7における平均出力SINRの算出法を示す図である。

[図25]実施例8におけるMIMOシステム用送受信機の基本構成図である。

[図26]実施例8における伝送制御法を示すフローチャートである。

[図27]実施例9におけるMIMOシステム用送受信機の概念図である。

[図28]実施例9における伝送制御法を示すフローチャートである。

[図29]実施例10における信号電力の組合せと評価値との対応を表すテーブルの図である。

[図30]実施例10における送信信号判定部での処理手順を示すフローチャートである。

[図31]実施例10において用いる制御信号のフォーマットの一例を示す図である。

[図32]従来技術におけるSDMA伝送時の送受信機構成図である。

[図33]従来技術におけるSDMA伝送時の送受信機構成と受信ビーム形成を示す概念図である。

### 発明を実施するための最良の形態

[0026] 以下、この発明の各実施例について図面に基づき説明する。

#### 実施例 1

[0027] 本実施例は、複数の信号を空間多重(SDM)伝送するMIMOシステムにおける効率的な信号伝送法及び通信方式に関するものである。以下、説明にあたって、情報信号の送信側を端末A、受信側を端末Bと呼ぶ。

[0028] 図1は本実施例を表す最も基本的な送受信構成図である。図2は本実施例の制御手順を表すフローチャートである。図3は端末Bから端末Aへ制御信号(制御情報)を通知する様子を示す。図4は端末Aから端末Bに対して情報信号を伝送する際の様子を示している。図5は(a)が端末Aから送信するパイロット信号を、(b)が端末Bから端末Aに伝送する制御信号を示している。図6は端末Bにおけるパイロット信号検出部の構成を表す。以下、図1〜6を用いて本実施例を説明する。

[0029] 本実施例は、いかなる送受信アンテナ数を有するMIMOシステムに対しても適用可能な、高効率な信号伝送法である。

[0030] 図2に従い本実施例の基本的な制御手順を説明する。まず、本実施例では、端末Aは情報信号を送信する前に、各アンテナ3からパイロット信号を送信する(S101)。端末Bはパイロット信号を受信すると、伝送関連情報として各パイロット信号の伝搬ベクトルを推定する(S102)。具体的な伝搬ベクトルの推定方法にはさまざまな方法があるが、その具体例は後述する。端末Bは推定伝搬ベクトルに基づき、情報信号の送

信に利用する送信信号(送信チャネル)を決定し(S103)、利用する送信信号を制御信号によって端末Aに通知する(S104)。制御信号を受けた端末Aは、利用する送信信号から利用するアンテナ3を選択して端末Bへ情報信号を送信する(S105)。

[0031] このような手順に基づいて制御を行うことにより、伝搬環境に応じて送信アンテナを選択でき、効率的な信号伝送を行うことが可能となる。本実施例はいかなる送受信アンテナ数に対しても適用可能であるが、特に送信アンテナ数Nが受信アンテナ数Mより多い場合には、送信に用いる送信アンテナ数を減らすことで、端末Bでの情報信号の分離受信を円滑に行うことが可能となる。

[0032] 図1は本制御における送受信機構成を示している。図中、端末A1(無線送信装置)は、信号送信部6と、制御情報受信部7と、送信信号決定部8を備える。一方、端末B2(無線受信装置)は、パイロット信号検出部9と、送信信号判定部10と、制御情報伝送部11と、情報信号受信部12を備える。

[0033] また、端末A1はN本のアンテナ3を備え、端末B2はM本のアンテナ4を備え、送受信間の伝搬路5は伝搬特性を行列 $H=[h_{mn}]$ と表わす。

[0034] 図1、図2に基づき本実施例の動作につき更に詳しく述べる。端末A1の信号送信部6は、情報信号を送信する前に、各アンテナ3からパイロット信号を送信する(S101)。端末Bのパイロット信号検出部9では、アンテナ4により端末Aからのパイロット信号を検出し、つまり受信し、各パイロット信号の伝搬ベクトルを推定する(S102)。具体的な伝搬ベクトルの推定方法にはさまざまな方法があるが、その具体例は後述する。送信信号判定部10では、推定伝搬ベクトルに基づき、情報信号の送信に利用する送信信号を判定、つまり決定する。本実施例では情報信号の伝送に用いる送信信号の組み合わせを決定する(S103)。制御情報伝送部11では、決定された送信信号の組合せを制御信号によりアンテナ4から端末Aへ通知する(S104)。図3は端末B2から端末A1への制御信号の送信を示している。端末A1は制御情報受信部7において、アンテナ3により端末B2から制御信号を受信し、送信信号決定部8ではその制御信号に基づき利用する送信信号を決定、つまり利用するアンテナ3を選定する。その後、図4に示すように、端末A1の信号送信部6は、選定されたアンテナ3から情報信号を送信し(S105)、端末Bは情報信号受信部12において、情報信号を受信



する。

[0035] 図5は(a)が本制御のパイロット信号20、(b)が制御信号21のそれぞれのフォーマットの一例である。端末Aは各アンテナ3からそれぞれ個別の異なるパイロット信号 $s_n(p)$ を送信する。また、端末Bから端末Aへの制御信号では、アンテナ番号(#1ー#N)に対して送信を行う場合は「1」、行わない場合は「0」を通知する。なお、信号フォーマットにはさまざまな形式が考えられ、本フォーマットはその一例にすぎない。伝搬ベクトルの推定に用いることのできるパイロット信号や、利用する送信信号を通知できる制御信号であれば、いかなる信号フォーマットであつても構わない。

[0036] 図6に端末Bのパイロット信号検出部9において伝搬ベクトルの推定を行う構成を示す。伝搬ベクトルの推定は、受信したパイロット信号とパイロット信号検出部9に予め保存されている既知パイロット信号 $s_n(p)$ との相関をアンテナごとに求めることで得ることができる。

[0037] すなわち、受信ベクトル $x(p)=[x_1(p), \dots, x_M(p)]^T$ に対して、次式により伝搬ベクトル $h_n=[h_{11}, h_{21}, \dots, h_{M1}]^T$ を推定できる。

$$[0038] \quad h_n = \sum_{p=1}^N x(p) s_n^*(p) *$$

[0039] ここで、\*は複素共役である。通常、この操作は整合フィルタ(MF:Matched Filter)を用いて実現される。図6では伝搬ベクトルの推定を行う一例を示したが、これ以外にも受信信号からパイロット信号に関する伝送関連情報である伝搬情報を検出するものであれば、いかなる構成でも構わない。また、伝搬ベクトル以外であつてもパイロット信号に関する有効な伝搬情報であればいかなるパラメータでも構わない。

[0040] パイロット信号検出部9で伝搬情報(伝搬ベクトルの推定)が算出されると、送信信号判定部10ではその情報を用いて送信信号の選定を行う。送信信号の選定法としてはさまざまな方法が考えられる。以降、実施例2ー実施例5では、この送信信号の選定方法に関していくつかの実施例を示す。ただし、本発明は実施例2ー実施例5で述べる選定法の例に限られるものではなく、伝送関連情報である伝搬情報を用いて情報信号の送信を制御し、伝送の効率化を行ういかなる選定法であつても構わない。

## 実施例 2

- [0041] 本実施例は、複数の信号を空間多重(SDM)伝送するMIMOシステムにおける効率的な伝送制御法及び通信方式に関するものである。特に、実施例1における端末Bでの送信信号の選定方法に関する具体的な一つの方法を示す。
- [0042] 図7は本実施例における送信信号判定部10を示しており、図8は送信信号判定部10における制御手順を示すフローチャートである。以下、図7、図8を用いて本実施例における送信信号の選定方法について説明する。
- [0043] 図7に示すように、送信信号判定部10は、複数の送信信号の中からなるべく電力の大きい信号をR個選定する。具体的には、端末Bの送信信号判定部10はパイロット信号検出部9から伝搬ベクトル $h_n$ を受け取ると、ノルム $\|h_n\|$ の大きい順にR個の信号を選択する(S201)。次に、選定した信号の番号nを制御情報伝送部11に通知する(S202)。
- [0044] この選定によって伝搬環境のよいチャネルを選んで利用できる。また、選定する信号数Rを受信アンテナ数Mよりも小さくすることにより、端末Bでは各情報信号を分離受信することも可能となる。
- [0045] 従って、本実施例に従えば、伝搬環境のよい送信信号(送信チャネル)を選定して信号伝送を行うことができる。また、受信機での各情報信号の分離受信も円滑に行える。

### 実施例 3

- [0046] 本実施例は、複数の信号を空間多重(SDM)伝送するMIMOシステムにおける効率的な伝送制御法及び通信方式に関するものである。特に、実施例1における端末Bでの送信信号の選定方法に関する方法であり、実施例2とは異なる一つの方法を示す。
- [0047] 図9は本実施例における送信信号判定部10を示しており、図10は送信信号判定部10における制御手順を示すフローチャートである。以下、図9、図10を用いて本実施例の送信信号の選定方法について説明する。
- [0048] 図9に示すように、送信信号判定部10は、複数の送信信号の中から相互の空間相関がなるべく小さくなるようR個の信号を選定する。ここで、空間相関とは

$$|h_{n1}^H h_{n2}| / (\|h_{n1}\| \|h_{n2}\|) \text{ もしくは } |h_{n1}^H h_{n2}|$$

で定義されるパラメータであり、このパラメータが小さいほど、信号 $n_1, n_2$ は空間的に直交関係に近い状態といえる。相互の信号が直交関係に近いほど、端末Bでは2つの信号の分離は容易となる。従って、この選定によって相互に信号を抑圧しやすい環境で信号伝送を行うことができる。その結果、端末Bでは各情報信号の分離が容易となる。

- [0049] 具体的な制御手順として、端末Bのパイロット信号検出部9で伝搬ベクトル $h_n$ が推定されると、まず送信信号判定部10はノルム $\|h_n\|$ が最大となる信号 $n$ を選定する(S301)。次に、選定した信号 $n$ を変数 $n_1$ のグループに加える(S302)。なお、初期状態では $n_1$ のグループは要素を持たない。変数 $n_1$ の要素が $R$ 個より少ない場合(S303)には、グループ $n_1$ に属する信号と信号 $n$ との空間相関の和
- $$\sum_{n_1} |h_n^H h_{n_1}| / (\|h_n\| \|h_{n_1}\|)$$
- が最小となる信号 $n$ を変数 $n_1$ のグループ以外から新たに選定し(S305)、グループ $n_1$ に要素として加える(S302)。また、ステップS302の終了時に $n_1$ の要素が $R$ 個以上の場合(S303)には、グループ $n_1$ として選定した番号を制御情報伝送部11に通知して(S304)、処理を終了する。

- [0050] このような一連の処理によって、相互に空間相関の小さい信号の組合せを選定でき、端末Bでは各情報信号の分離受信を円滑に行える。その結果、高効率信号伝送が可能となる。また、送信アンテナ数 $N$ が受信アンテナ数 $M$ より多い場合にも、選定する信号数 $R$ を受信アンテナ数 $M$ よりも小さくすることにより、端末Bでは各情報信号を分離受信することも可能となる。

#### 実施例 4

- [0051] 本実施例は、複数の信号を空間多重(SDM)伝送するMIMOシステムにおける効率的な伝送制御法及び通信方式に関するものである。特に、実施例1における端末Bでの送信信号の選定方法に関する方法であり、実施例2、実施例3とは異なる方法の一つを示す。
- [0052] 図11は本実施例における送信信号判定部10の構成を示しており、図12は送信信号判定部10における制御手順を示すフローチャートである。図13は本実施例で用いるSINR予測法の一例であり、図14は送信信号判定部10において評価値を決定

するためのSINRと評価値の対応表である。図15はさまざまな信号の組合せに対して評価値を算出した結果を示している。以下、図11〜15を用いて本実施例の送信信号の選定方法について説明する。

[0053] 図11に示すように、送信信号判定部10は、信号候補選定部31と、出力信号対干渉雑音電力比(SINR:Signal to interference-plus-noise)算出部(以下、出力SINR算出部と云う)32と、伝送評価部33と、利用信号決定部34から構成される。

[0054] 送信信号判定部10では、まず信号候補選定部31が送信信号の組合せの候補を選定する(S401)。出力SINR算出部32ではその送信信号の組合せを送信した場合に得られる端末Bでの出力SINRを予測する(S402)。具体的な予測方法の一例については後述する。伝送評価部33では、予測された出力SINRの結果から、送信信号の組合せの候補に対する評価値を決定する(S403)。この評価は、送信信号のさまざまな組合せの候補全てに対して行われ(S404)、最終的に評価値の最も高かった送信信号の組合せを利用信号決定部34で選定し、制御情報伝送部11に通知する(S405)。

[0055] 図13は、出力SINR算出部32においてステップS402で行う各信号の出力SINRの予測方法を示している。

[0056] 予測SINRの算出にあたっては、推定伝搬ベクトル $h_n$ を用いてまず受信ウエイト $v_n$ の計算が行われる。

[0057] 例えばZF基準及びMMSE合成基準の場合、受信ウエイト $v_n$ は次式で与えられる。

$$v_n = (\sum_{n_0} h_{n_0} h_{n_0}^H)^{-1} h_{n_0} \quad (\text{ZF基準の場合})$$

$$v_n = (\sum_{n_0} h_{n_0} h_{n_0}^H + P_N I)^{-1} h_{n_0} \quad (\text{MMSE合成基準の場合})$$

[0058] 演算された受信ウエイトに対して、希望信号及び干渉雑音成分の電力を計算することにより、出力SINRを次の(式2)で求めることができる。

$$\Gamma_n = |h_n^H v_n(p)|^2 / \{v_n^H (\sum_{n_0} h_{n_0} h_{n_0}^H + P_N I) v_n - |h_n^H v_n(p)|^2\} \quad (\text{式2})$$

ここで、 $P_N$ は雑音電力であり、あらかじめ推定された値である。

[0059] なお、受信ウエイト $v_n$ はZF基準、MMSE合成基準以外のウエイト演算でも構わない。いかなるウエイト $v_n$ に対しても(式2)のSINR予測式を適用できる。

[0060] このように出力SINRが求められると、伝送評価部33ではSINRに基づいて伝送評

価値を決定する。ここでは、具体的な一例として、SINRに応じて評価値を0と1にする方法を説明する。ただし、本実施例はSINRに基づく伝送評価法に限定されるものではなく、さまざまな評価基準に基づき信号の組合せを選定することができる。

- [0061] また、本発明は、信号の組合せ候補を想定して伝送評価を行い、その結果を用いて伝送制御を行なういかなるMIMOシステムにも適用できる。
- [0062] 伝送評価部33は、図14に示すようなSINRに対して評価値を決定するテーブルを有している。ここでは、SINRが4dB以上の場合に評価値を1とし、それ以外は0としている。この評価を各信号の出力SINRに対してそれぞれ実行する。
- [0063] 図15はこの評価をさまざまな信号の組合せ51に対して行った結果を示している。本実施例では3個のアンテナにより送信を行う種々の組合せを信号の組合せとしている。ここでは、出力SINR52の予測、各信号の評価値53の算出、評価値の合計54（総合評価値）の算出を行った結果をまとめている。このように、各信号の組合せに対して評価値の合計54を算出し、利用信号決定部34において評価値の合計54が最大となる信号の組合せ55を選定する。
- [0064] 図15の例では#1、#2のアンテナを用い、#3のアンテナを用いない場合に、評価値の合計が最大となっており、この組合せ55が選定される。なお、最大評価値を達成する組合せが複数存在する場合は、そのうち任意の1つを選択する。選定された信号の組合せは、制御情報伝送部11を通して、端末Aに通知される。
- [0065] このような制御方法に基づくと、さまざまな送信環境から伝送効率を評価し、その中で最も優れた伝送効率を有する信号の組合せを選定できる。その結果、伝送制御を行わない従来のMIMOシステムと比較して、伝送効率の高い通信システムが構築できる。
- [0066] 本実施例はいかなる送受信アンテナ数に対しても伝送効率の向上に利用することができる。特に、送信アンテナ数Nが受信アンテナ数Mよりも多い場合には、端末Bで信号分離が可能な状態を達成しつつ伝送速度の改善を同時に行えるため、適用効果は大きい。

## 実施例 5

- [0067] 本実施例は、複数の信号を空間多重(SDM)伝送するMIMOシステムにおける効

率的な伝送制御法及び通信方式に関するものである。本実施例は実施例1と同様な送受信機の構成を有するが、端末Bから端末Aへ通知する制御信号が異なり、本実施例では、各送信信号の伝送フォーマット番号を通知する。

[0068] 図16は本実施例における送信信号判定部10での制御手順のフローチャートを示している。図17は送信信号判定部10において評価値を決定するための出力SINRと評価値の対応表である。図18はさまざまな信号の組合せに対して評価値を算出した結果を示している。図19は端末Bから端末Aに伝送される制御信号のフレームフォーマットの一例である。以下、図16～図19を用いて、本実施例の説明を行う。

[0069] 本実施例の送信信号判定部10は実施例4と同様に図11の構成を有しており、信号候補選定部31と、出力SINR算出部32と、伝送評価部33と、利用信号決定部34から構成される。制御手順として、まず信号候補選定部31が送信信号の組合せの候補を選定し(S501)、出力SINR算出部32ではその組合せに対する信号の出力SINRを予測する(S502)。伝送評価部33では、その出力SINRの結果に基づき評価値を決定する(S503)。この評価値は、信号のさまざまな組合せの候補全てに対して算出され(S504)、最終的に評価値の最も高かった送信信号の組合せを利用信号決定部34で選定する。この際、利用信号決定部34はその信号の組合せを送信するのに適した伝送フォーマットを決定し、その伝送フォーマット番号を制御情報伝送部11に通知する(S505)。

[0070] 図17は出力SINR予測値に対して評価値を決定するためのテーブルである。本テーブルは、出力SINR予測値に対して所定の通信品質を実現する伝送フォーマット及び伝送速度を示す。ここで、所定の通信品質とは、ビット誤り率(BER: Bit Error Rate)またはパケット誤り率(PER: Packet Error Rate)などに関する要求基準である。すなわち、要求基準のBERあるいはPERを満たす範囲でなるべく伝送速度が高くなるように、符号化方法(符号化率、拘束長など)、変調方式などのフォーマットを設定する。

[0071] 図17では、あるSINR62のもとで用いるべき変調方式63、符号化率64などが記載されている。一般に、SINRが向上するほど、ビット誤りに強くなるので、符号化率を大きく設定できる。また、多値変調を用いることもできる。その結果、伝送速度65はSI

NRの向上とともに大きくなる。

- [0072] 本テーブルを用いると、あるSINRのもとで所定の要求品質を達成するための伝送フォーマットとその伝送速度を決定できる。また、伝送速度を評価値として扱えば、さまざまな信号の組合せに対して、評価値を算出することもできる。
- [0073] 図18はさまざまな信号の組合せ71に対して各信号の評価値73として伝送速度を用い、その評価値の合計74を算出した結果である。利用信号決定部34では、図18の中で評価値の合計74が最大となる信号の組合せを選定する。本実施例では評価値の合計が10.5になる信号の組合せ(1, 1, 0)が選定される。
- [0074] 評価値の合計が最大となる組合せを選定することで、MIMOシステムにおいて要求品質基準を満たしつつ伝送速度の向上を行える。
- [0075] このように信号の組合せが選定されると、その伝送フォーマット番号が図17を参照して決定され、制御情報伝送部11を通して端末Aに通知される。図19はその制御信号81の構成を示す一例であり、各信号ごとに伝送フォーマット番号が指定されている。本図において「0」は送信信号として用いないことを示す。また、「8」、「15」、「6」は送信信号として用いる際の伝送フォーマット番号を示し、これは図17に示すように本実施例では、選定された組合せの各信号のSINRに応じて伝送規格番号「1」〜「31」が選定される。
- [0076] 以上のように、端末Bは、送信信号の組み合わせに対応する伝送フォーマット番号を選定し、端末Aに通知する。通知を受けた端末Aは通知された伝送フォーマット番号に対応する伝送フォーマットや伝送速度に従い、情報信号の伝送を行う。
- [0077] 本手法に従うと、従来の伝送制御を行わないMIMOシステム及び前述の実施例1〜4と比較して、要求通信品質を満たしつつ、より伝送速度の高い通信を実現できる。このように、伝送フォーマットに自由度を加えることにより、より綿密なシステム設計が可能となり、伝送速度を向上できる。
- [0078] なお、以上の説明では伝送速度を評価値として用いたが、伝送速度以外のパラメータを評価値としても構わない。

## 実施例 6

- [0079] 本実施例は、複数の信号を空間多重(SDM)伝送するMIMOシステムにおける効

率的な伝送制御法及び通信方式に関するものである。特に、マルチキャリア伝送を行うSDM伝送について示したものである。

[0080] 図20は一般的なマルチキャリア伝送を説明するための基本構成図である。図21はマルチキャリア伝送にMIMOシステムを適用する場合の送受信の構成図である。以下、図20、図21を用いて、本実施例の説明を行う。

[0081] 最近、無線通信では、より高速伝送、高速移動の可能なシステムへの要求が高く、広帯域な無線伝送を行う必要が生じている。広帯域信号の伝送に関しては、複数のキャリアを同時に用いて信号の並列伝送を行うマルチキャリア方式が特に注目を集めている。マルチキャリア伝送方式では、低速なデータを周波数上で並列に配置し、異なるキャリアを用いて同時に送信する。信号の並列伝送を行うことによって伝送速度の向上を図っている。

[0082] 図20にマルチキャリア通信システムの基本構成図を示す。図に示すように、マルチキャリア信号送信部91では複数の信号を異なる複数の周波数に多重(93〜96)し、信号伝送する。また、受信側のマルチキャリア信号受信部92では異なる複数の周波数に多重(93〜96)した信号を分離し、各キャリアの受信信号とする。本図に示すように、マルチキャリア信号送信部91で多重された信号は複数の周波数に多重(93〜96)されて伝送される。この際、各キャリアで伝送される信号は独立に扱うことができる。すなわち、シングルキャリア伝送の場合と同じく、各キャリアごとに個別に信号処理を行うことができる。従って、実施例1〜5ではシングルキャリア伝送の場合を対象に説明したが、同様のアクセス制御法はマルチキャリア伝送方式でも適用できる。

[0083] 図21にマルチキャリア伝送システムに本発明のMIMOシステムを適用した信号処理の構成を示す。本図に示すように各キャリア毎に実施例1〜5に示すMIMOシステムを構成することにより、マルチキャリア伝送方式に対しても本発明のMIMOシステムを適用することができる。つまり、端末A1はマルチキャリア信号送信部101〜103を備え、端末B2はマルチキャリア信号受信部104〜106を備える。

#### 実施例 7

[0084] 本実施例は、特にマルチキャリア伝送を行うSDM伝送について、実施例6とは異なる伝送制御法および通信方式を示したものである。



- [0085] 実施例6で示したように各サブキャリア(各キャリア)に対し独立して伝送制御を行うことで、シングルキャリアの場合と同様の制御を行うことができる。しかし、全てのサブキャリアに対して独立制御を行うと、制御量が大きくなるという問題がある。そこで、本実施例では、制御量を低減しつつ、MIMOシステムにおける効率的な信号伝送を可能とする方法について述べる。
- [0086] 図22は送信信号判定部10の構成図であり、図23は送信信号判定部10で行われる制御を示すフローチャートである。図24は送信信号判定部10で用いられる平均SINR算出法を示している。以下、図22～図24を用いて、本実施例の説明を行う。
- [0087] 実施例6では、サブキャリアごとに評価及び信号の選定を行ったが、本実施例では全サブキャリアに対して1つの伝送評価及び信号の選定を行う。すなわち、全サブキャリアに対する評価値を設定し、その評価値に従って全サブキャリアの送信信号の選定を行う。評価値としては、平均信号電力、平均空間相関、平均SINRなどさまざまなパラメータを用いることができる。ここでは、その一つとして平均SINRを用いる場合について説明を進める。
- [0088] 図22は全サブキャリアに対して1つの伝送評価及び信号選定を行う場合の送信信号判定部10の構成である。本手法では、まず信号候補選定部31が送信信号の組合せの候補を選定し(S601)、平均出力SINR算出部35では平均出力SINRを予測する(S602)。平均出力SINRの予測算出方法については後述する。伝送評価部33では、平均出力SINRの予測結果から、送信信号の組合せの候補に対する評価値を決定する(S603)。この評価は、送信信号のさまざまな組合せ全てに対して行われ(S604)、最終的に評価値の最も高かった送信信号の組合せを利用信号決定部34で選定し、制御情報伝送部11に通知する(S605)。
- [0089] 本手法は出力SINRの代わりに平均出力SINRを用いる以外は実施例4と同様の構成である。また、実施例2、3、5に関しても平均信号電力、平均空間相関、平均SINRを用いることにより、マルチキャリア伝送時の本実施例の制御法に拡張できる。
- [0090] 図24は平均SINRの算出法を示している。ここでは、信号の候補に対して、実施例4と同様に各サブキャリアのSINRである $\Gamma_{n,l}$ (n:送信アンテナ番号、l:サブキャリア番号)を算出する。その後、サブキャリア間でSINRを平均化することにより、全サブキャ

リアに対する平均SINRである $\Gamma_n$ を次式で計算する。

$$[0091] \quad \Gamma_n = E[\gamma_{n,l}]$$

ここで、 $E[\cdot]$ は $l$ に関する平均を行うことを示す。

[0092] マルチキャリア伝送では通常複数サブキャリアにまたがって符号化・復号を行う場合が多い。この場合、マルチキャリア受信特性は平均SINRに大きく依存し、平均SINRによって伝送特性をほぼ把握できる。従って、マルチキャリア伝送では全サブキャリアに対する平均化パラメータを用いることにより、少ない制御量で効率的な信号選定を行うことができる。

[0093] 本実施例では平均SINRを用いて利用する信号の組合せを選定し、その組合せを制御信号によって端末Aに通知する。この際、制御信号は全サブキャリアに対して共通であり、サブキャリアごとに制御方法を必要とする実施例6よりも制御量を大幅に軽減できる。

## 実施例 8

[0094] 本実施例は、SDM伝送において実施例1～実施例7とは異なる端末Aでの信号送信法を示したものである。

[0095] 実施例1～7のSDM伝送では、端末Aは各アンテナ3からパイロット信号及び情報信号を送信していた。しかし、必ずしも各アンテナ3から個別に信号を送信する構成でなくても構わない。本実施例では、端末Aが送信ビームを用いてパイロット信号及び情報信号の伝送を行う場合について述べる。

[0096] 図25は本実施例における送受信機の構成図であり、端末A1は送信ウエイト乗算器111、112、113を備え、端末B2は受信ウエイト乗算器114、115、116を備え、送信ビーム117、118、119を形成する。図26は本実施例における制御手順を示すフローチャートである。以下、図25、図26を用いて本実施例の説明を行う。

[0097] 本実施例では、端末Aは送信信号 $s_n(p)$ に対してウエイト $w_n = [w_{n1}, w_{n2}, \dots, w_{nN}]^T$ を乗じて各アンテナ3の信号とする。複数の送信信号がある場合には、それぞれ異なるウエイト $w_n$ を乗じて個別に各アンテナ3の信号を生成し、複数の信号を同時に送信する。この場合、端末Aの送信信号は指向性を有し、送信ビーム117～119が形成される。このように、端末Aは信号を各アンテナ3からでなく、各送信ビーム117～119から

送信することもできる。

[0098] 送信ビーム形成を用いるMIMOシステムの伝送制御の手順について図26を参照して以下で説明する。端末Aはまず、各送信ビーム117-119からパイロット信号を送信する(S701)。端末Bはパイロット信号を受信すると、各信号の伝搬ベクトルを推定する(S702)。また、端末Bは推定伝搬ベクトルに基づき、利用する送信ビームを決定し(S703)、利用する送信ビームを制御信号によって端末Aに通知する(S704)。制御信号を受けた端末Aは、利用する送信ビームを選択して端末Bへ情報信号を送信する(S705)。

[0099] このように端末Aが送信ビームを用いて信号送信する場合にも、端末A、端末B間での伝送制御により、効率的なSDM伝送が可能となる。同様に、実施例1-7の手法全てが送信ビームを用いる場合に拡張できる。

[0100] なお、送信ビームの数は送信アンテナ数と同一である必要はない。送信ビーム数はウェイト乗算器の数で決定され、送信アンテナ数より多くすることも少なくすることもできる。例えば、2個のアンテナ3を有する端末Aが、4つの送信ビームを用いて4つの信号を送信することも可能である。

#### 実施例 9

[0101] 本実施例は、SDM伝送について実施例1及び8の伝送制御方法の適用範囲をさらに拡張するものである。

[0102] 実施例8及び実施例1では、それぞれ

(1) 端末Aが各送信ビームからパイロット信号を伝送すること、

(2) 端末Aが各アンテナ3からパイロット信号を伝送すること、

を前提として伝送制御法を述べた。しかし、実際には、端末Bは(1)または(2)の状態のいずれであるかを認識しなくても、伝送制御を行うことができる。

[0103] 図27は本伝送制御法の概念を示しており、図28は本実施例のフローチャートの一例を示している。端末A1は(1)または(2)のいずれかの状態でパイロット信号121、122を送信する(S801)。このとき、端末B2は(1)または(2)のいずれかを認識しなくてもパイロット信号に対する伝搬ベクトルを推定できる(S802)。また、信号電力、空間相関、出力SINRのいずれもパイロット信号の系列のみを知れば、端末Bは推定で

きる。さらに、その結果に基づいてパイロット信号に対応する適切な信号の選定を行うこともできる(S803)。また、端末Bは、利用する送信信号の番号を端末Aへ通知する(S804)ことにより、利用する信号を通知することもできる。制御信号を受けた端末Aは、情報信号をアンテナ又は送信ビームから端末Bへ送信する(S805)。

[0104] 従って、端末Bはパイロット信号の系列のみを知れば、端末Aが(1)または(2)のいずれの状態であるかを認識しなくとも、全ての伝送制御を円滑に行うことができる。その結果、端末Aは端末Bとは無関係に、任意の送信ビーム等を用いても伝送制御において問題とならない。

[0105] 以上の結果から、パイロット信号の系列のみを規格として予め端末間で決め、送信ビームの利用は各端末の自由な判断に委ねることができる。その結果、ビームの有無に関する認知及び通知を端末間で行う必要はなく、端末Aは少ない制御量で送信ビーム形成を利用することができる。

#### 実施例 10

[0106] 本実施例は、複数の信号を空間多重(SDM)伝送するMIMOシステムにおける効率的な信号伝送法及び通信方式に関するものである。

[0107] 本実施例は、実施例5で端末Bから端末Aへ送信する制御信号と異なり、特に、端末Bが各信号の送信電力を決定し、伝送フォーマット番号に加えて送信電力をも端末Aに通知することを特徴とする。

[0108] 図29は送信信号判定部10においてさまざまな信号の組合せに対して評価値を算出した結果を示している。図30は送信信号判定部10で用いる本実施例のフローチャートの一例を示している。図31は端末Bから端末Aに伝送される制御信号82のフレームフォーマットの一例である。以下、図29～図31を用いて、本実施例の説明を行う。

[0109] 本実施例の送信信号判定部10は図11と同様の構成を有しており、信号候補選定部31と、出力SINR算出部32と、伝送評価部33と、利用信号決定部34から構成される。しかし、伝送フォーマット番号に加えて送信電力も端末Bから端末Aに伝送される点が前述の実施例5とは異なる。

[0110] 制御手順として、まず信号候補選定部31が各信号の送信電力の大きさの組合せ7

5を選定し(S901)、出力SINR算出部32では端末Bでの出力SINR72を予測する(S902)。伝送評価部33では、各出力SINR72の予測結果から、各信号に対する評価値(伝送速度)73を算出し、各信号に対する評価値を合計して伝送評価値の合計74を決定する(S903)。この評価は、信号の送信電力の大きさのさまざまな組合せ全てに対して行われ(S904)、最終的に評価値の合計が最も高かった送信電力の組合せを利用信号決定部34で選定し、制御情報伝送部11に通知する(S905)。

- [0111] 図29はさまざまな信号電力の大きさの組合せ75に対して出力SINR72を予測し、評価値を算出した結果である。ここでは、パイロット信号の電力に対して情報信号の電力を変更したと想定し、出力SINR72を予測する。このSINR予測は(式2)と同様の演算法を用いて行うことができる。また、予測したSINRを用いて評価値を決定する。このように、さまざまな電力の大きさの組合せに対して評価値を算出し、評価値の合計が最も高い組合せを選定することにより、送信電力の最適化を行うことができる。ただし、電力の大きさの組合せを作成するにあたって、送信信号の総電力が所定の範囲内に収まるように電力の組合せを作成するものとする。
- [0112] このように各信号の電力の大きさの組合せが選定されると、その組合せの伝送フォーマット番号が実施例5と同様に図17を参照して決定され送信電力と共に制御情報伝送部11を通して、端末Aに通知される。図31はその制御信号82の構成を示す一例であり、各信号に対応した送信電力が現在のパイロット信号との比として左欄に記述され、右欄の数字は伝送フォーマット番号を示している。なお、本制御信号の電力項において、送信信号に用いる際の送信電力の規模として「0」〜「3」を規定し、「0」は送信信号として用いない場合を示している。また、伝送フォーマット番号は「0」が送信信号として用いないことを示し、送信信号として用いる番号は、実施例5と同様に伝送規格番号「1」〜「31」が選定される。
- [0113] 以上のように、端末Bは送信電力の組合せを選定し、端末Aに通知する。通知を受けた端末Aは通知された送信電力と伝送フォーマット番号に従い、情報信号の伝送を行う。
- [0114] 実施例1〜9では信号の送信電力の変更は考慮しなかったが、本実施例では、各送信信号の電力の最適化を行なうことができる。その結果、送信電力も考慮した上で

、より効率的にMIMOシステムで信号伝送を行うことができる。

- [0115] なお、本実施例では実施例5に対して電力の組合せを適用した場合を述べたが、同様に実施例1〜9に対しても同様の手法を適用できる。すなわち、本実施例で述べたSINRを用いる電力選定法は、発明の一つの具体例にすぎず、端末Bが伝搬情報をもとに電力を決定し、伝送制御を行うさまざまなMIMOシステムの構成が可能である。

#### 実施例 11

- [0116] 本実施例はMIMOシステムとCDMAシステムを組み合わせて用いる場合について示したものである。
- [0117] DS-SS-SS-SS方式及びマルチキャリアCDMA方式とMIMOシステムを組み合わせて用いる場合には、符号拡散されたパイロット信号を端末Bで逆拡散した後に、実施例1〜10と同様の手法を適用できる。従って、実施例1〜10の伝送制御法はDS-SS-SS-SS方式、マルチキャリアCDMA方式などのCDMA方式と組み合わせて用いることもできる。

#### 産業上の利用の可能性

- [0118] 受信機は、送信機からのパイロット信号によって前記送信機からの信号の送信方法を選定して送信機に通知し、送信機はこの信号送信方法に基づき情報信号を前記受信機に送信するので、受信機では信号の分離を円滑に行うことができ、伝送効率の向上を図る無線通信装置に適用できる。

## 請求の範囲

- [1] 複数のアンテナを有する無線送信装置と、複数のアンテナを有する無線受信装置とを備え、複数の信号を相互にSDMで伝送するMIMOシステムにおいて、  
前記無線送信装置がパイロット信号を送信するステップと、  
前記無線受信装置は前記パイロット信号を受信し、前記パイロット信号に対応する伝送関連情報を推定するステップと、  
推定された前記伝送関連情報に基づいて前記無線送信装置において利用する送信信号を選定するステップと、  
前記利用する送信信号を記述した制御信号を前記無線送信装置へ通知するステップと、  
前記無線送信装置は通知された前記制御信号に基づいて利用するアンテナを選定し、選定されたアンテナから前記無線受信装置へ情報信号を送信するステップとを含む無線伝送制御方法。
- [2] 前記無線受信装置が推定する前記伝送関連情報は、受信した前記パイロット信号と既知パイロット信号との相関を求めた伝搬ベクトルである  
請求項1の無線伝送制御方法。
- [3] 前記無線受信装置が選定する前記利用する送信信号は、前記伝搬ベクトルのノルムの大きい順に選択された所定数の送信信号である  
請求項2の無線伝送制御方法。
- [4] 前記無線受信装置が選定する前記利用する送信信号は、複数の送信信号の中から前記伝搬ベクトルに基づく相互の空間相関が小さくなるよう選択された所定数の送信信号である  
請求項2の無線伝送制御方法。
- [5] 前記利用する送信信号を選定するステップは、  
複数の送信信号の全ての組合せを選定するステップと、  
送信信号の所定の組合せを送信した場合に得られる前記無線受信装置での前記伝搬ベクトルに基づく出力SINRを予測するステップと、  
予測された前記出力SINRに基づいて、送信信号の所定の組合せに対する評価

値を決定するステップと、

送信信号の全ての組合せに対する評価値の中で、評価値が最大の送信信号の組合せを選定するステップと

を含む請求項2の無線伝送制御方法。

[6] 前記利用する送信信号を選定するステップは、

複数の送信信号の全ての組合せを選定するステップと、

送信信号の所定の組合せを送信した場合に得られる前記無線受信装置での前記伝搬ベクトルに基づく出力SINRを予測するステップと、

予測された前記出力SINRに基づいて、送信信号の所定の組合せに対する評価値を決定するステップと、

送信信号の全ての組合せに対する評価値の中で、評価値が最大の送信信号の組合せを選定し、伝送フォーマット番号、出力SINR、伝送フォーマット及び伝送速度の対応関係を記述したテーブルを参照して、選定された組合せの各送信信号の出力SINRに基づき決定された伝送フォーマット番号を、前記利用する送信信号として選定するステップと

を含む請求項2の無線伝送制御方法。

[7] 前記無線送信装置と前記無線受信装置間のSDM伝送に、マルチキャリア伝送方式を適用し、キャリア毎に個別に前記各信号処理を行う

請求項1の無線伝送制御方法。

[8] 前記無線送信装置と前記無線受信装置間のSDM伝送に、マルチキャリア伝送方式を適用し、全サブキャリアに対して以下の各信号処理を行う無線電力伝送装置であって、

前記利用する送信信号を選定するステップは、

複数の送信信号の全ての組合せを選定するステップと、

送信信号の所定の組合せを送信した場合に得られる前記無線受信装置での前記伝搬ベクトルに基づく平均出力SINRを予測するステップと、

予測された前記平均出力SINRに基づいて、送信信号の所定の組合せに対する評価値を決定するステップと、



送信信号の全ての組合せに対する評価値の中で、評価値が最大の送信信号の組合せを選定するステップと

を含む請求項2の無線伝送制御方法。

- [9] 前記パイロット信号を送信するステップは、各送信ビームから前記パイロット信号を送信し、  
前記利用する送信信号を選定するステップは、利用する送信ビームを選定し、  
前記通知するステップは、前記利用する送信ビームを制御信号によって前記無線送信装置へ通知し、  
前記情報信号を送信するステップは、通知された前記制御信号に基づいて利用する送信ビームを選定し、選定された送信ビームから前記無線受信装置へ情報信号を送信する  
請求項1の無線伝送制御方法。
- [10] 前記無線送信装置が送信するパイロット信号として、前記無線送信装置及び前記無線受信装置間で予め定められたパイロット信号の系列を用いる  
請求項1の無線伝送制御方法。
- [11] 前記利用する送信信号を選定するステップは、  
複数の送信信号の送信電力の全ての組合せを選定するステップと、  
送信電力の所定の組合せを送信した場合に得られる前記無線受信装置での前記伝搬ベクトルに基づく出力SINRを予測するステップと、  
予測された前記出力SINRに基づいて、送信信号の所定の組合せに対する評価値を決定するステップと、  
送信信号の送信電力の全ての組合せに対する評価値の中で、評価値が最大の送信電力の組合せを選定し、伝送フォーマット番号、出力SINR、伝送フォーマット及び伝送速度の対応関係を記述したテーブルを参照して、選定された組合せの各送信電力の送信信号の出力SINRに基づき決定された伝送フォーマット番号と送信電力を、前記利用する送信信号として選定するステップと  
を含む請求項2の無線伝送制御方法。
- [12] 前記無線送信装置と前記無線受信装置間のSDM伝送と、CDMA方式を組み合

わせる

請求項1の無線伝送制御方法。

- [13] 無線送信装置との間でSDMにより信号を伝送する無線受信装置であって、  
前記無線送信装置から送信されたパイロット信号を受信する複数のアンテナと、  
前記複数のアンテナで受信された前記パイロット信号に対応する伝送関連情報を  
推定するパイロット信号検出部と、  
前記パイロット信号検出部で推定された前記伝送関連情報に基づいて前記無線送  
信装置において利用する送信信号を選定する送信信号判定部と、  
前記送信信号判定部で選定された前記利用する送信信号を記述した制御信号を  
前記無線送信装置へ通知する制御情報伝送部と  
を備える無線受信装置。
- [14] 前記パイロット信号検出部は、前記伝送関連情報として、受信した前記パイロット信  
号と既知パイロット信号との相関を求めた伝搬ベクトルを推定する  
請求項13の無線受信装置。
- [15] 前記送信信号判定部は、前記利用する送信信号として、前記伝搬ベクトルのノルム  
の大きい順に所定数の送信信号を選定する  
請求項14の無線受信装置。
- [16] 前記送信信号判定部は、前記利用する送信信号として、複数の送信信号の中から  
前記伝搬ベクトルに基づく相互の空間相関が小さくなるよう所定数の送信信号を選  
定する  
請求項14の無線受信装置。
- [17] 前記送信信号判定部は、  
複数の送信信号の全ての組合せを選定する信号候補選定部と、  
送信信号の所定の組合せを送信した場合に得られる前記伝搬ベクトルに基づく出  
力SINRを予測する出力SINR算出部と、  
予測された前記出力SINRに基づいて、送信信号の所定の組合せに対する評価  
値を決定する伝送評価部と、  
送信信号の全ての組合せに対する評価値の中で、評価値が最大の送信信号の組

合せを選定する利用信号決定部と

を備える請求項14の無線受信装置。

[18] 前記送信信号判定部は、

複数の送信信号の全ての組合せを選定する信号候補選定部と、

送信信号の所定の組合せを送信した場合に得られる前記伝搬ベクトルに基づく出力SINRを予測する出力SINR算出部と、

予測された前記出力SINRに基づいて、送信信号の所定の組合せに対する評価値を決定する伝送評価部と、

送信信号の全ての組合せに対する評価値の中で、評価値が最大の送信信号の組合せを選定し、伝送フォーマット番号、出力SINR、伝送フォーマット及び伝送速度の対応関係を記述したテーブルを参照して、選定された組合せの各送信信号の出力SINRに基づき決定された伝送フォーマット番号を、前記利用する送信信号として選定する利用信号決定部と

を備える請求項14の無線受信装置。

[19] 前記送信信号判定部は、

複数の送信信号の送信電力の全ての組合せを選定する信号候補選定部と、

送信電力の所定の組合せを送信した場合に得られる前記無線受信装置での前記伝搬ベクトルに基づく出力SINRを予測する出力SINR算出部と、

予測された前記出力SINRに基づいて、送信信号の所定の組合せに対する評価値を決定する伝送評価部と、

送信信号の送信電力の全ての組合せに対する評価値の中で、評価値が最大の送信電力の組合せを選定し、伝送フォーマット番号、出力SINR、伝送フォーマット及び伝送速度の対応関係を記述したテーブルを参照して、選定された組合せの各送信電力の送信信号の出力SINRに基づき決定された伝送フォーマット番号と送信電力を、前記利用する送信信号として選定する利用信号決定部と

を備える請求項14の無線受信装置。

[20] 無線受信装置との間でSDMにより信号を伝送する無線送信装置であって、

複数のアンテナからパイロット信号を前記無線受信装置へ送信する信号送信部と、

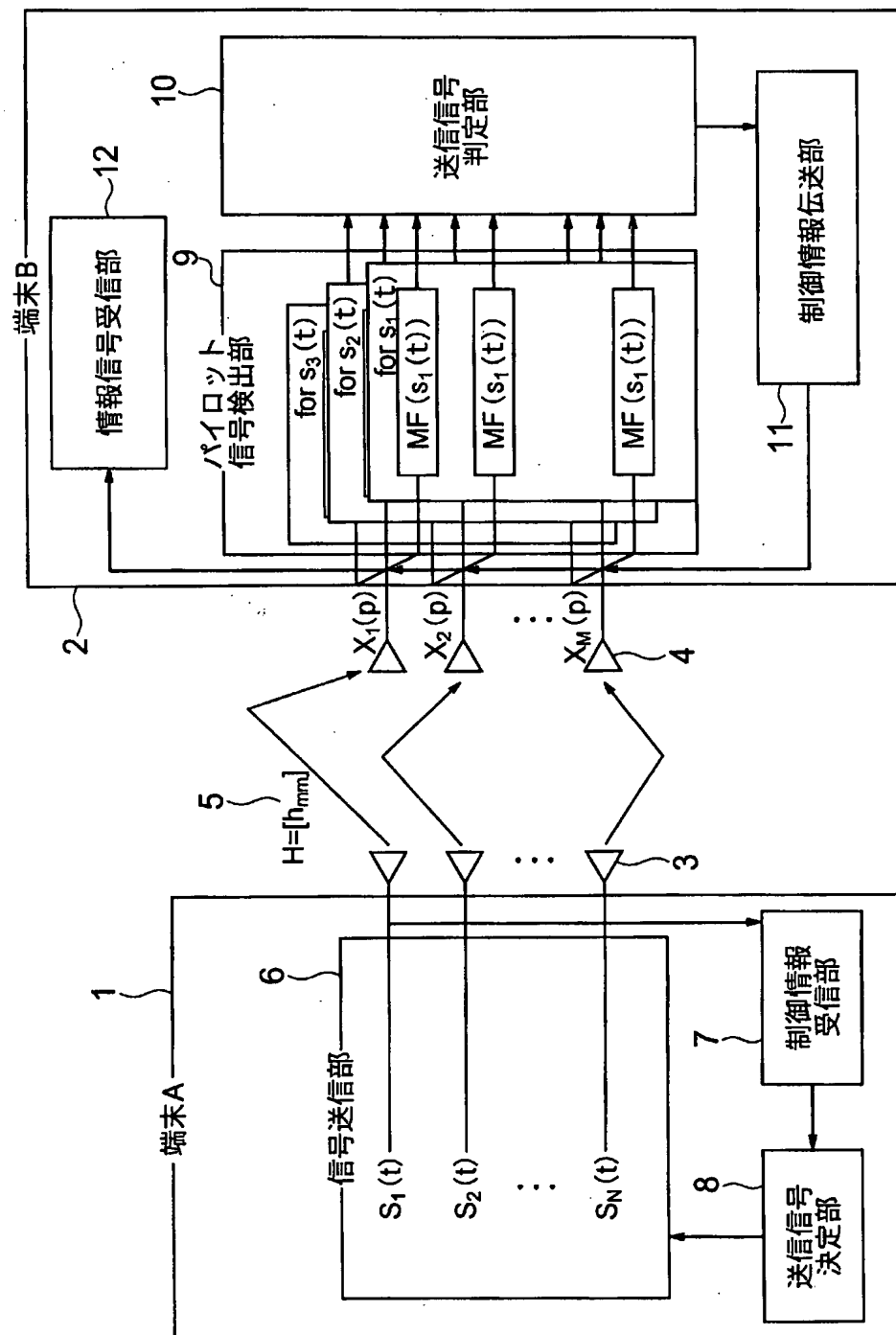
前記パイロット信号に対応する伝送関連情報に基づき前記無線受信装置で選定された利用する送信信号を記述した制御信号を、前記無線受信装置から受信する制御情報受信部と、

前記制御情報受信部で受信された前記制御信号に基づいて利用するアンテナを選定する送信信号決定部とを備え、

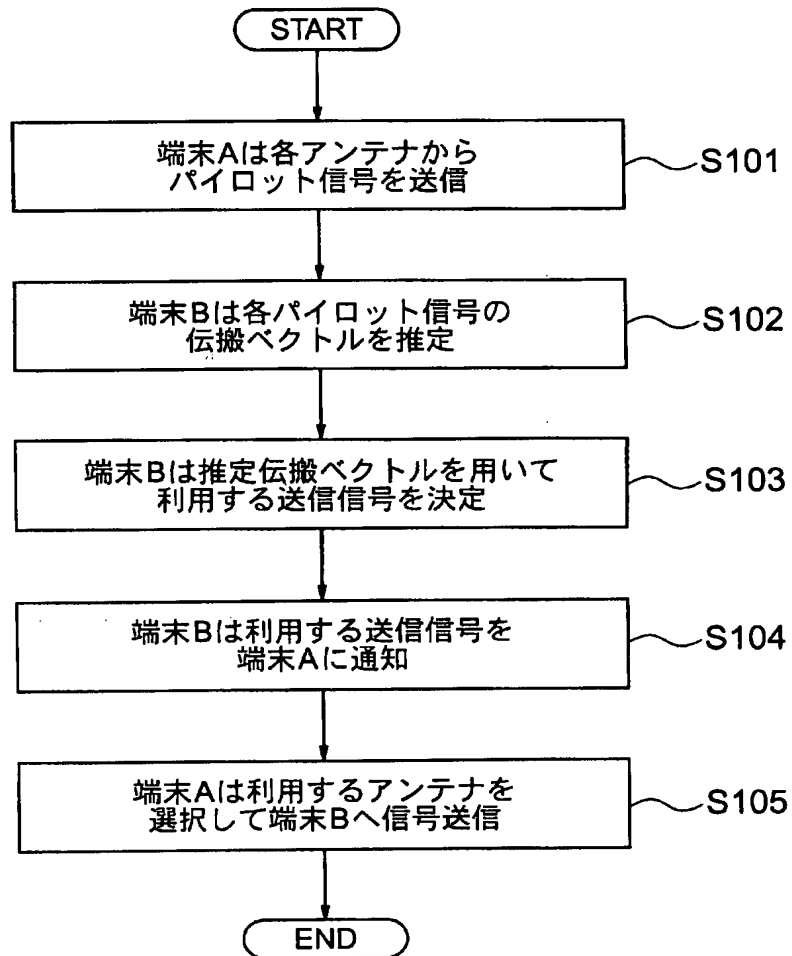
前記信号送信部は、前記送信信号決定部で選定されたアンテナから前記無線受信装置へ情報信号を送信する

無線送信装置。

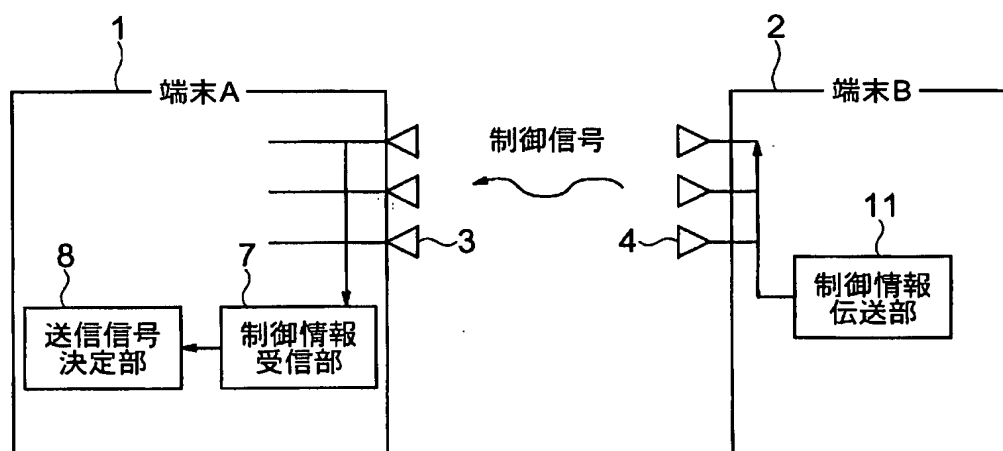
[図1]



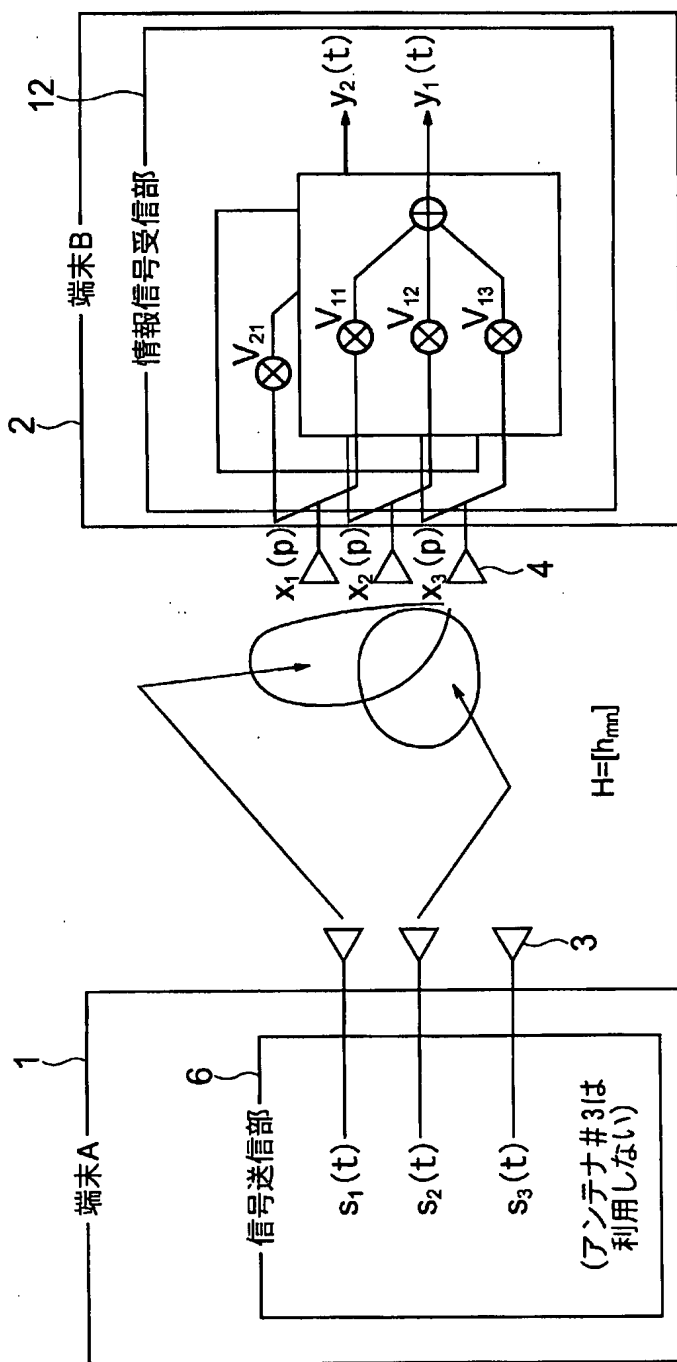
[図2]



[図3]



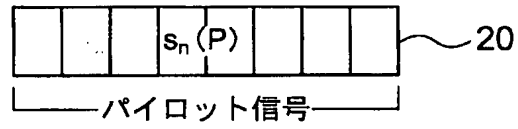
[図4]



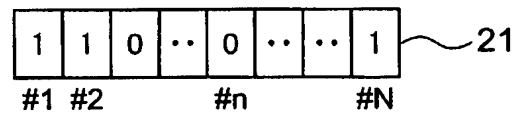


[図5]

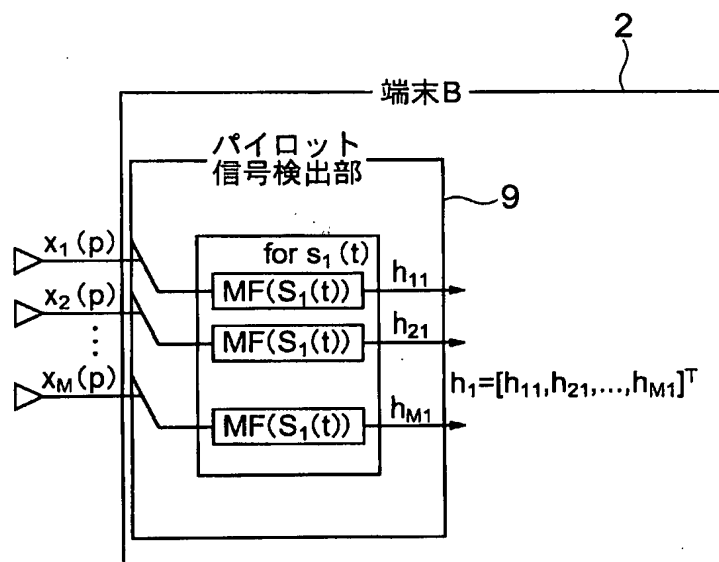
(a) 端末A→端末B



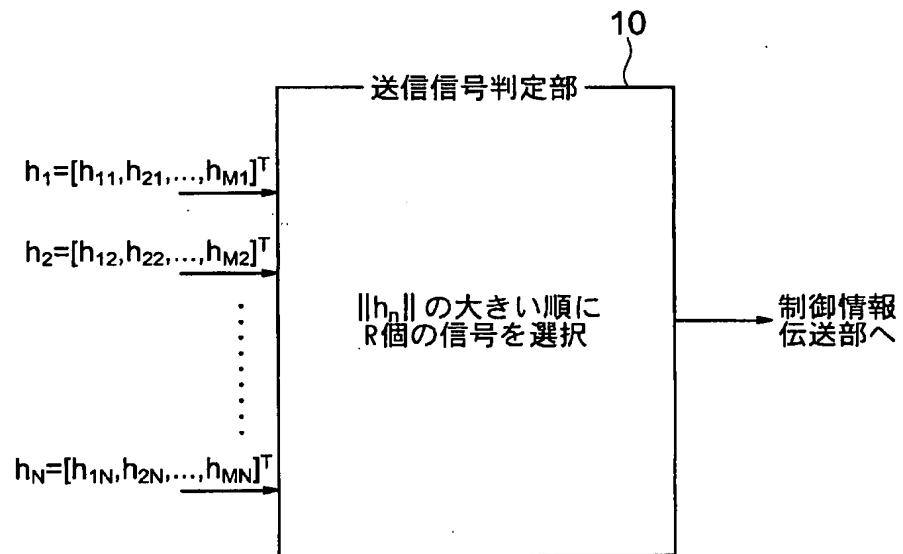
(b) 端末B→端末A(制御信号)



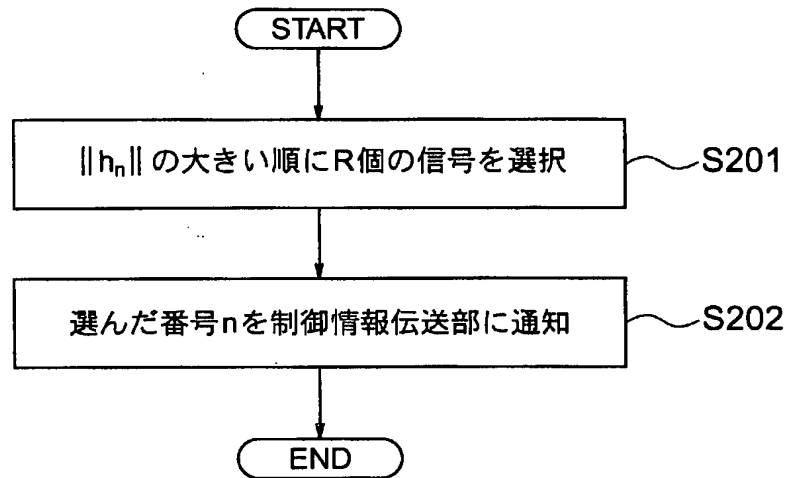
[図6]



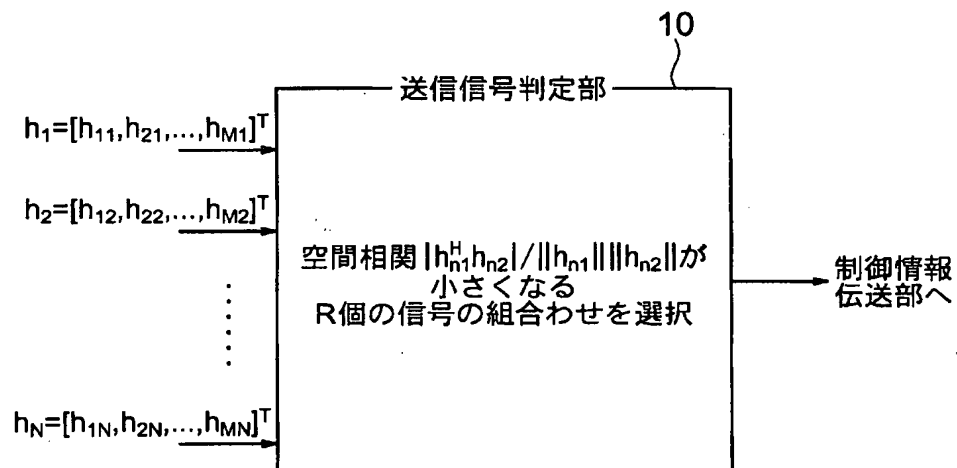
[図7]



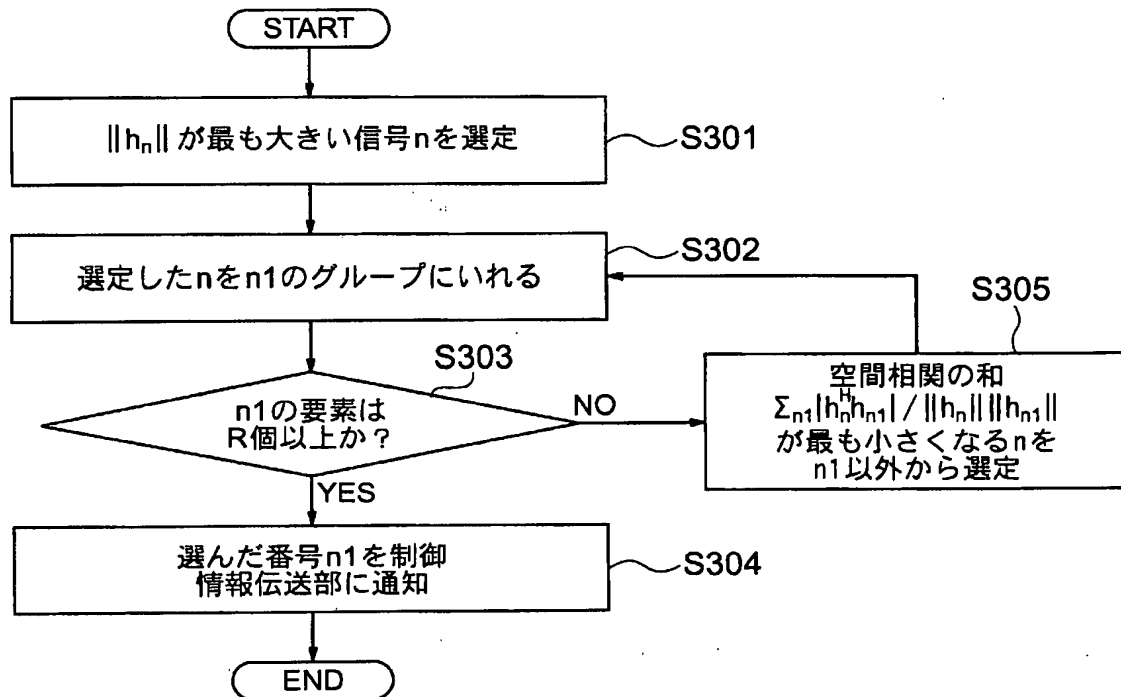
[図8]



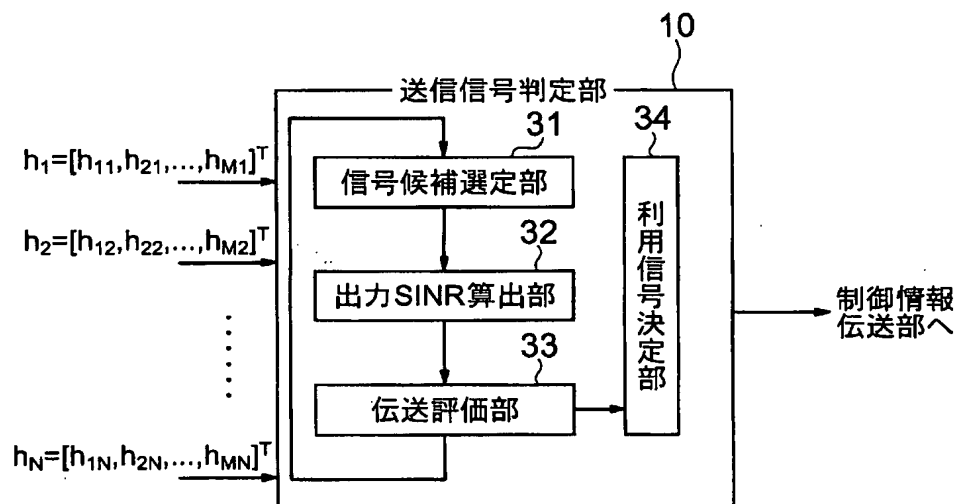
[図9]



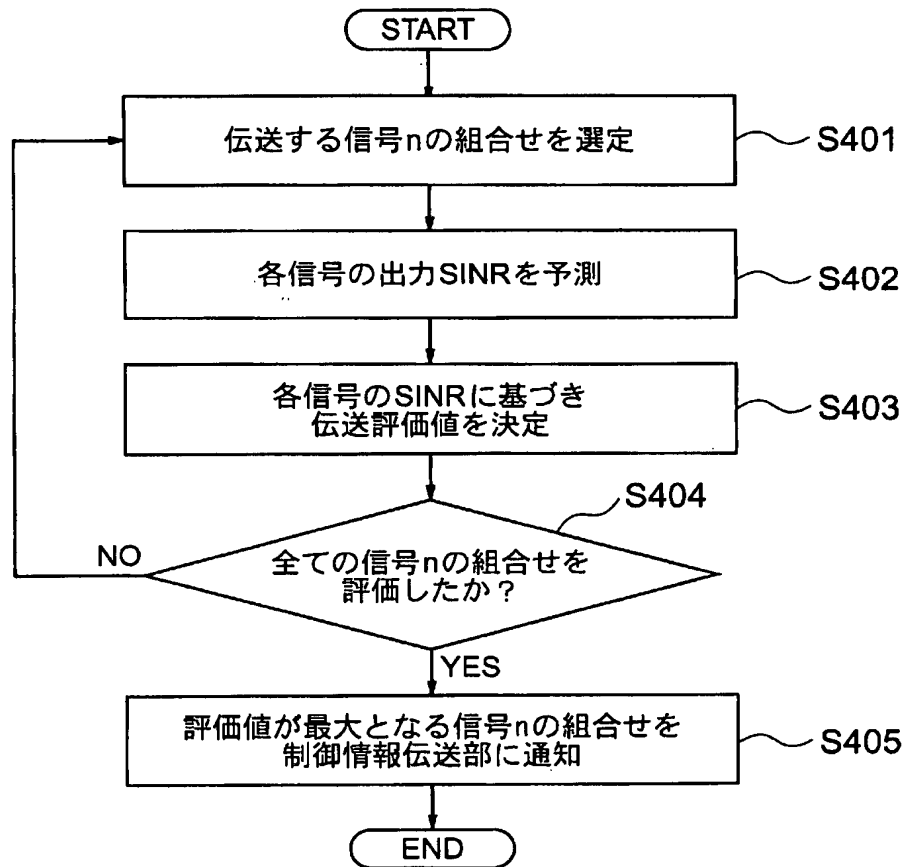
[図10]



[図11]



[図12]





[図13]

## ◆SINR予測

$$\overset{41}{\Gamma}_n = \frac{|h_n^H v_n(p)|^2}{v_n^H (\sum_{n0} h_{n0} h_{n0}^H + P_N) v_n - |h_n^H v_n(p)|^2}$$

$v_n$ : 受信ウエイト  $v_n = (\sum_{n0} h_{n0} h_{n0}^H)^{-1} h_{n0}$  (ZF基準型の場合)

$v_n = (\sum_{n0} h_{n0} h_{n0}^H + P_N)^{-1} h_{n0}$  (MMSE基準型の場合)

$\hat{P}_N$ : 干渉雑音電力推定値

[図14]

SINR[dB]	評価値(利用可否)
-3	0
-2	0
⋮	⋮
3	0
4	1
⋮	⋮
28	1

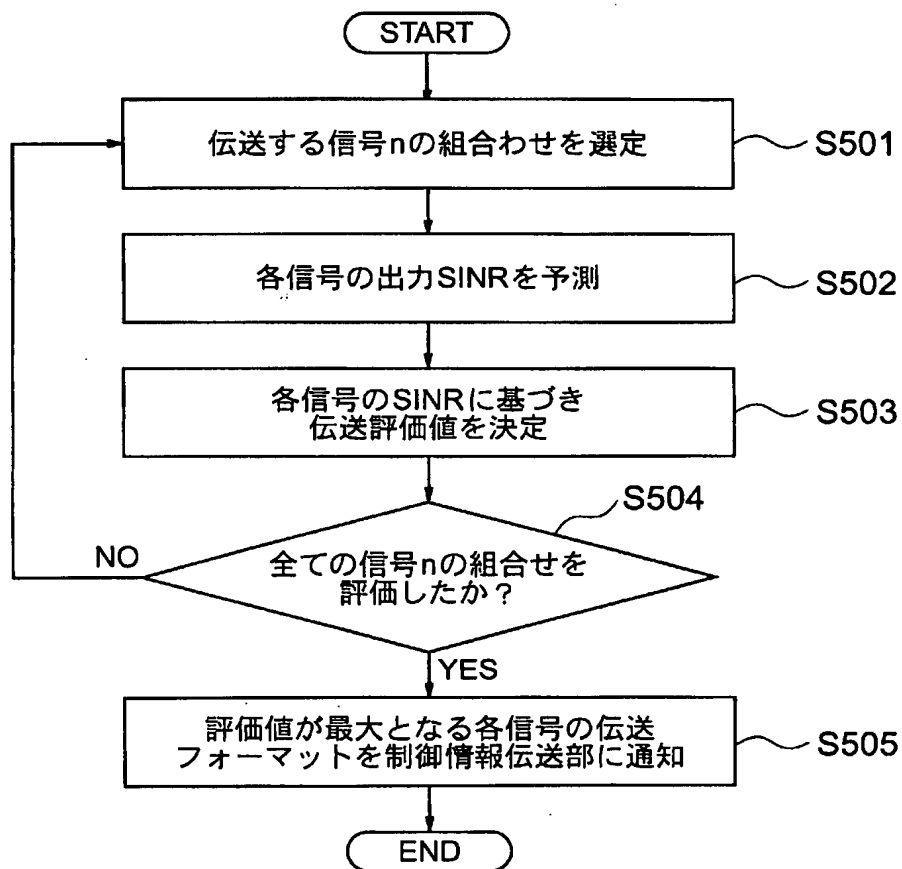
[図15]

51 信号の組み合わせ (#1, #2, #3) 1; 利用, 0; 不利用	52 出力SINR[dB] ( $\Gamma_1, \Gamma_2, \Gamma_3$ )	53 各信号の評価値 (#1, #2, #3)	54 評価値の合計
(1, 0, 0)	(7.0, 0.0, 0.0)	(1, 0, 0)	1
(0, 1, 0)	(0.0, 9.3, 0.0)	(0, 1, 0)	1
(0, 0, 1)	(0.0, 0.0, 6.2)	(0, 0, 1)	1
(1, 1, 0)	(6.0, 7.0, 0.0)	(1, 1, 0)	2
(0, 1, 1)	(0.0, 4.3, 2.9)	(0, 1, 0)	1
(1, 0, 1)	(2.8, 0.0, 1.1)	(0, 0, 0)	0
(1, 1, 1)	(-0.5, 3.4, 0.3)	(0, 0, 0)	0

※送信アンテナが3つの場合

最大評価値を選択

[図16]



[図17]

61 伝送規格 番号	62 SINR [dB]	63 変調方式	64 符号化率	65 評価値 (伝送速度)
0	~-3	No use	No use	0.000
1	-3~-2	QPSK	1/8	0.500
2	-2~-1	QPSK	1/7	0.571
3	-1~0	QPSK	1/6	0.666
4	0~1	QPSK	1/5	0.800
5	1~2	QPSK	1/4	1.000
6	2~3	QPSK	1/3	1.333
⋮	⋮	⋮	⋮	⋮
31	27~	16QAM	3/4	12.000

[図18]

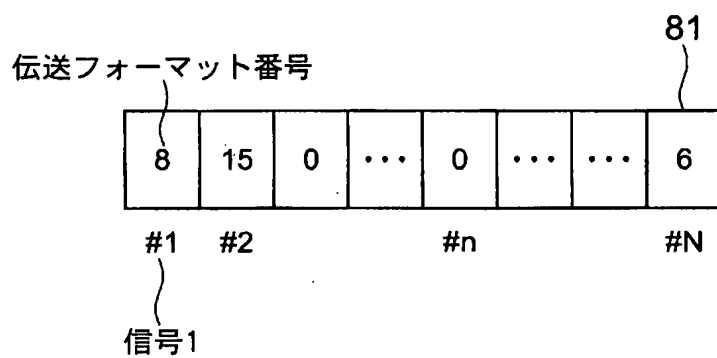
71 信号の組み合わせ (#1, #2, #3) 1; 利用, 0; 不利用	72 出力SINR[dB] ( $\Gamma_1$ , $\Gamma_2$ , $\Gamma_3$ )	73 各信号の評価値 (伝送速度) (#1, #2, #3)	74 評価値の合計
(1,0,0)	(7.0,-,-)	(6.0,0.0,0.0)	6.0
(0,1,0)	(-,9.3,-)	(0.0,7.2,0.0)	7.2
(0,0,1)	(-,-,6.2)	(0.0,0.0,4.8)	4.8
(1,1,0)	(6.0,7.0,-)	(4.5,6.0,0.0)	10.5
(0,1,1)	(-,4.3,2.9)	(0.0,2.2,1.3)	3.8
(1,0,1)	(2.8,-,1.1)	(1.3,0.0,1.0)	2.3
(1,1,1)	(-0.5,3.4,0.3)	(0.6,1.5,1.8)	2.9

※送信アンテナが3つの場合

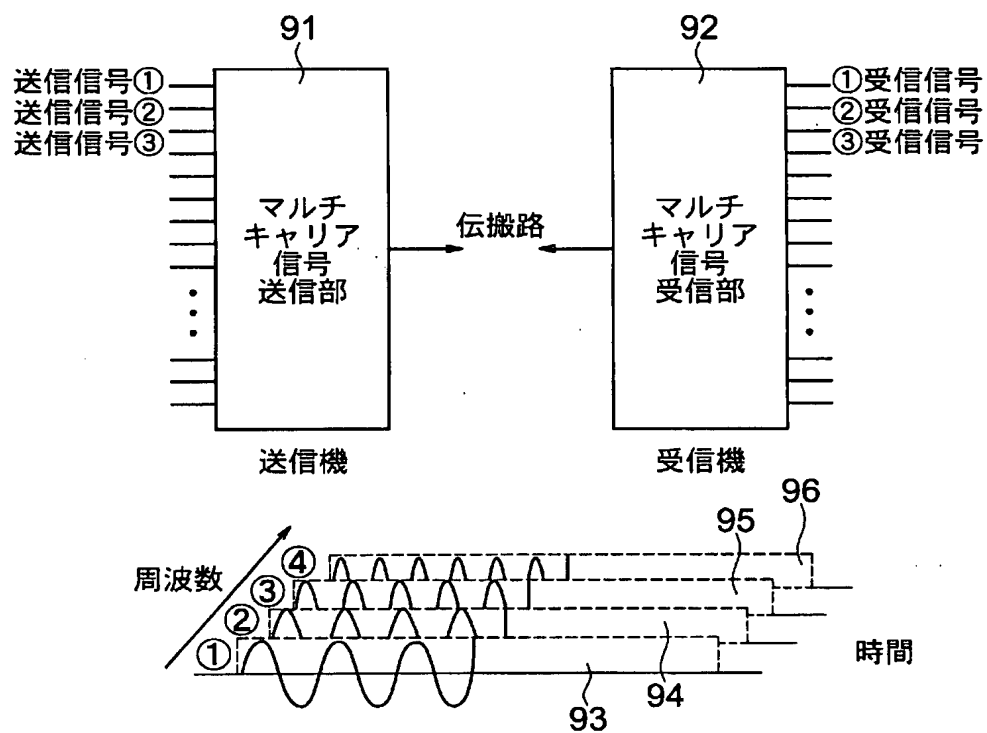
最大伝送速度を選択

[図19]

端末B --&gt; 端末A (制御信号)

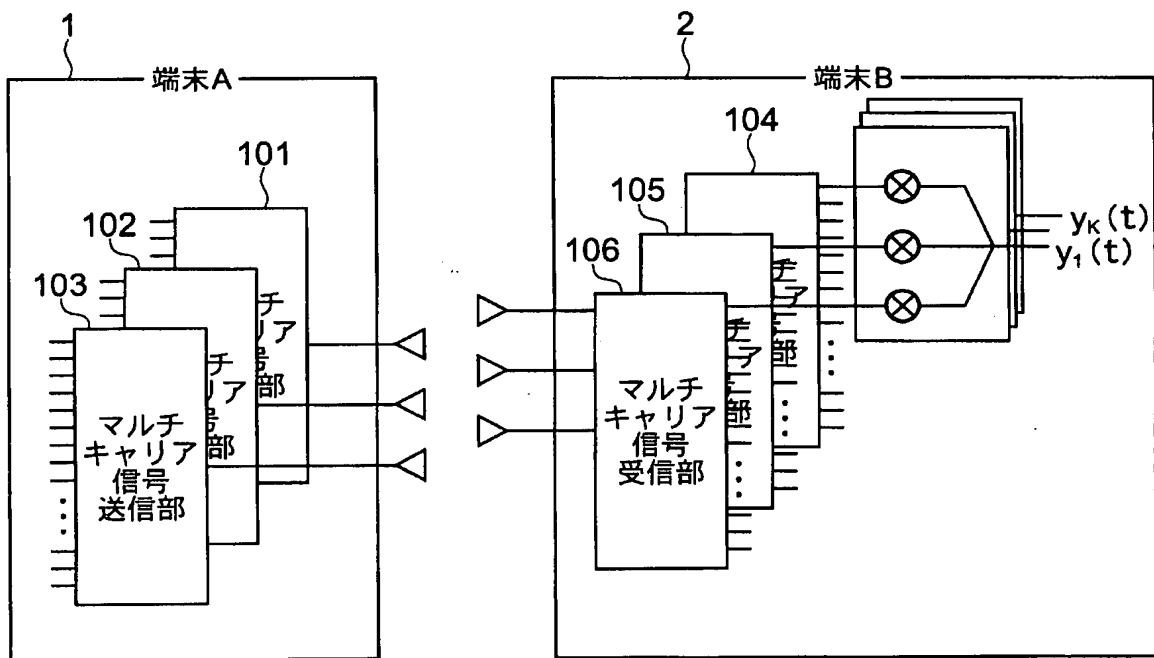


[図20]

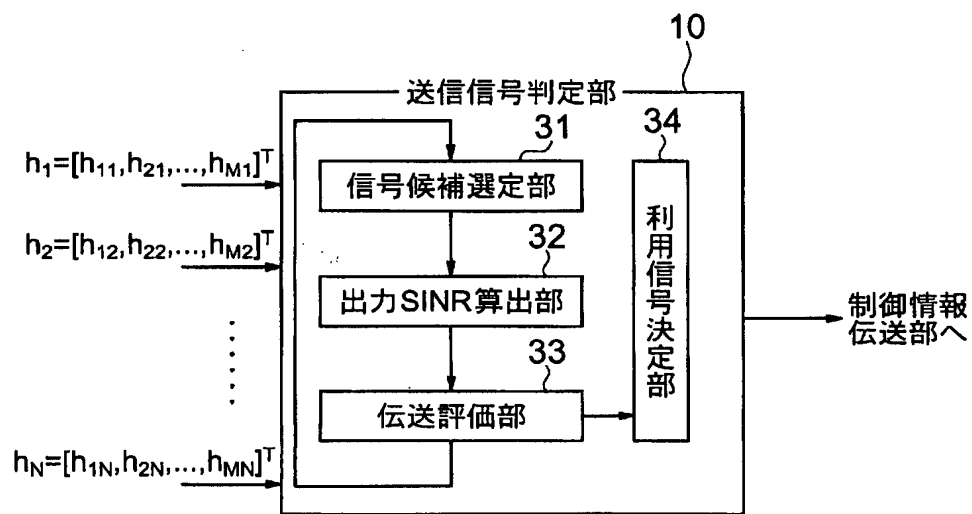




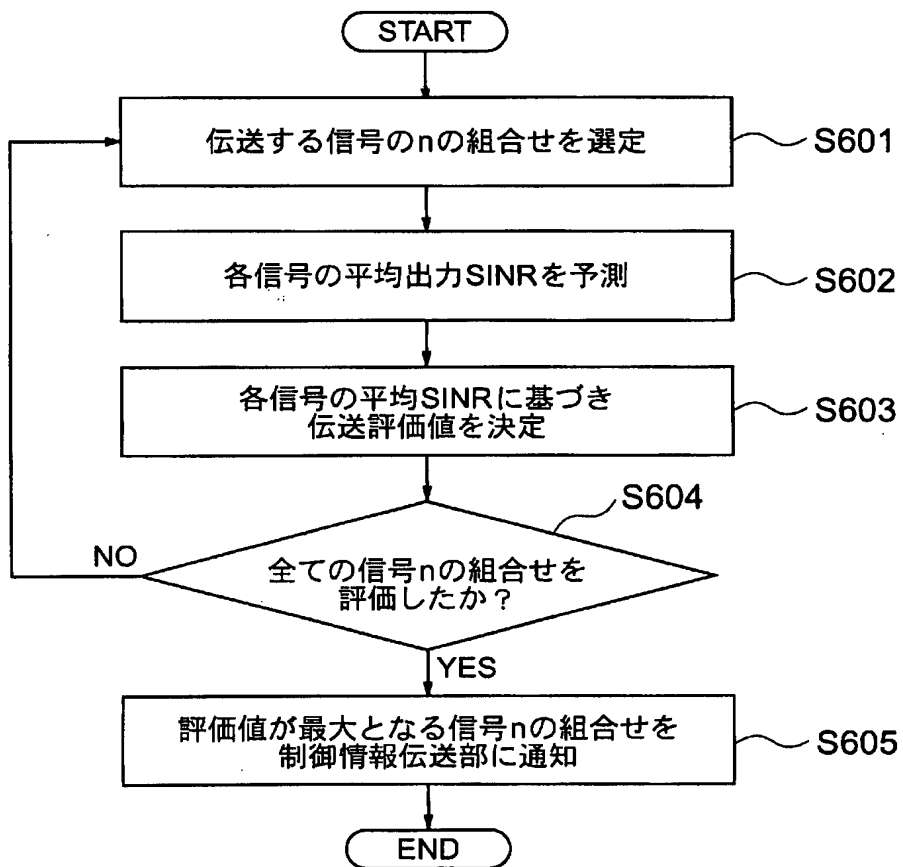
[図21]



[図22]



[図23]



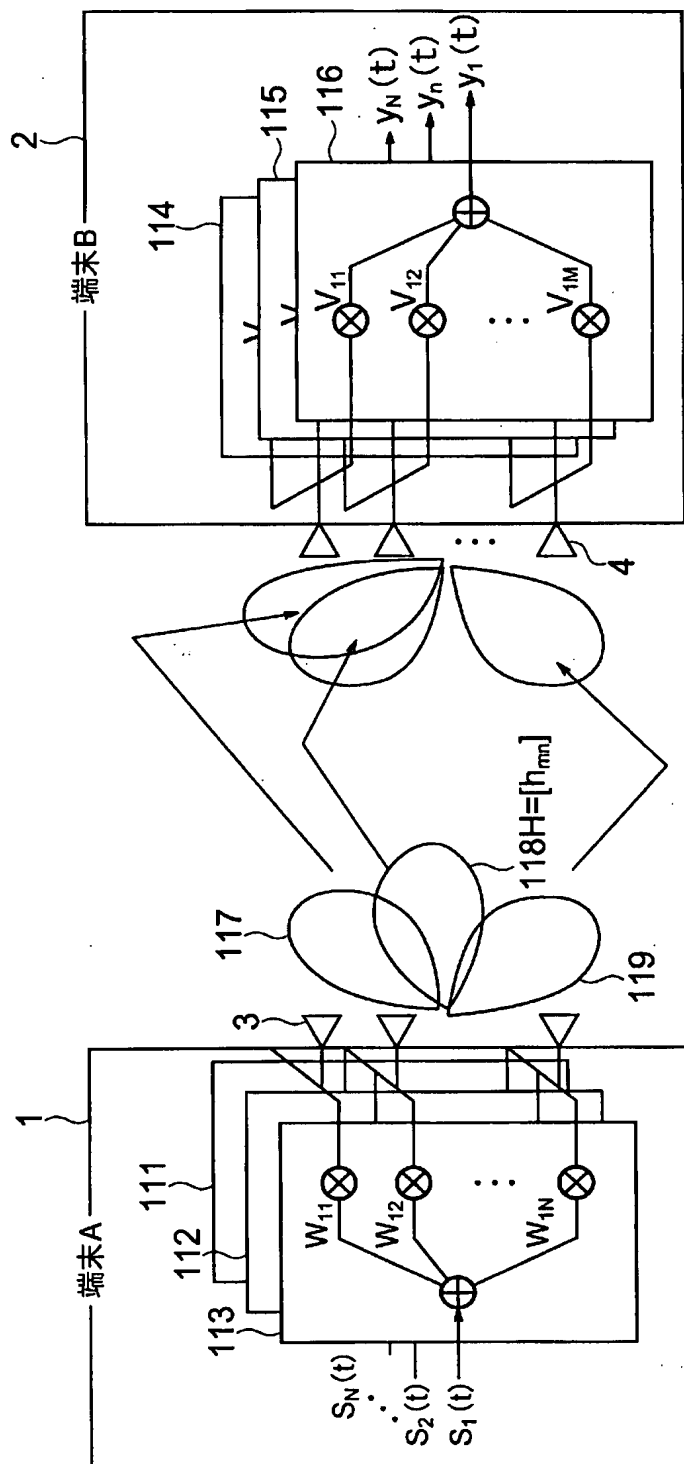
[図24]

平均SINR  $\gamma_n = E_1[\gamma_{n,1}]$

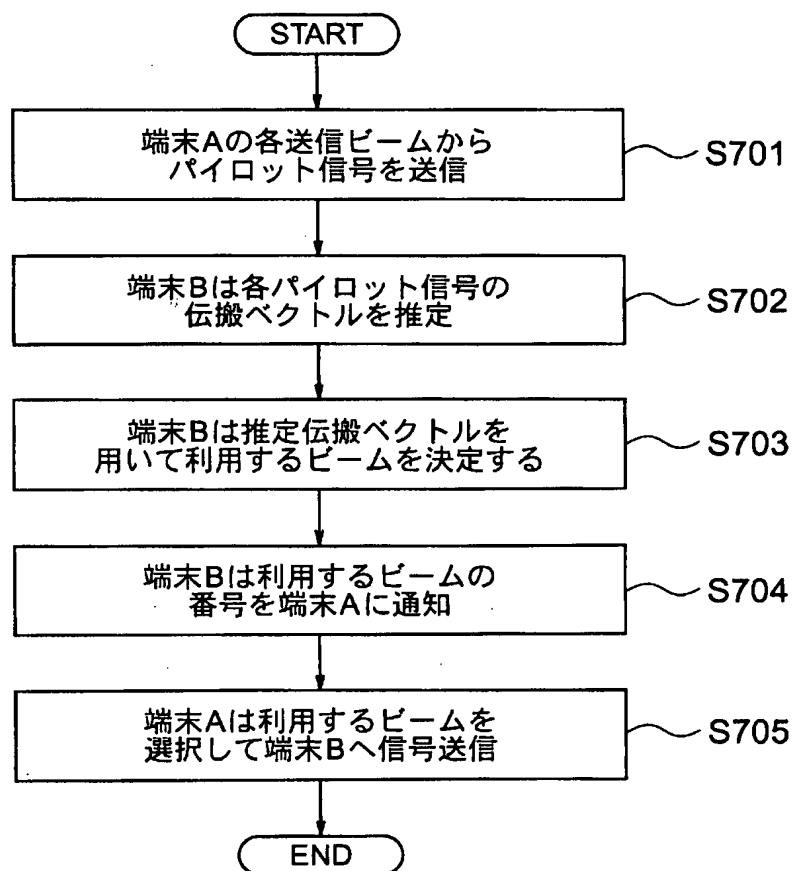
$\gamma_{n,1}$ : SINR (サブキャリア単位)

※n: 送信アンテナ、1: サブキャリア番号

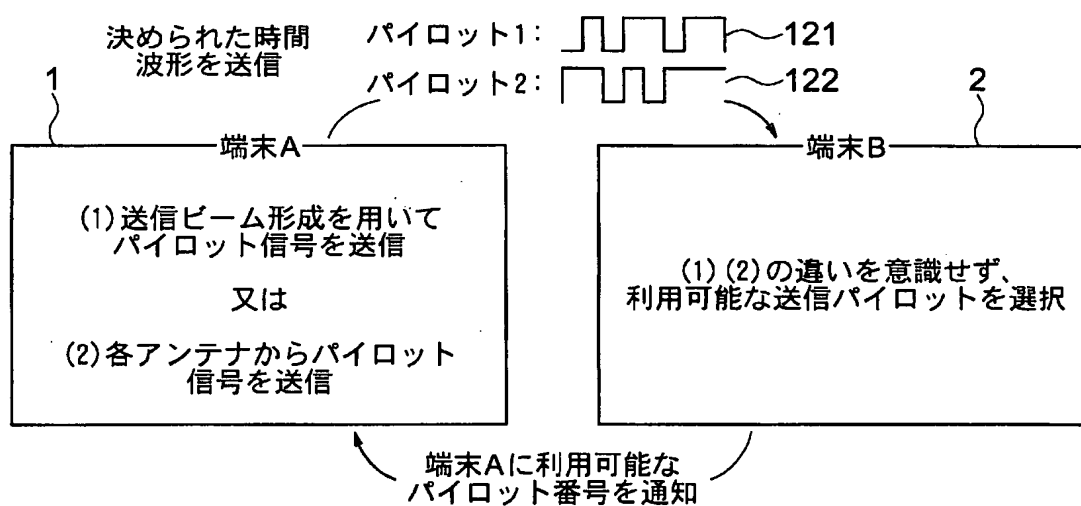
[図25]



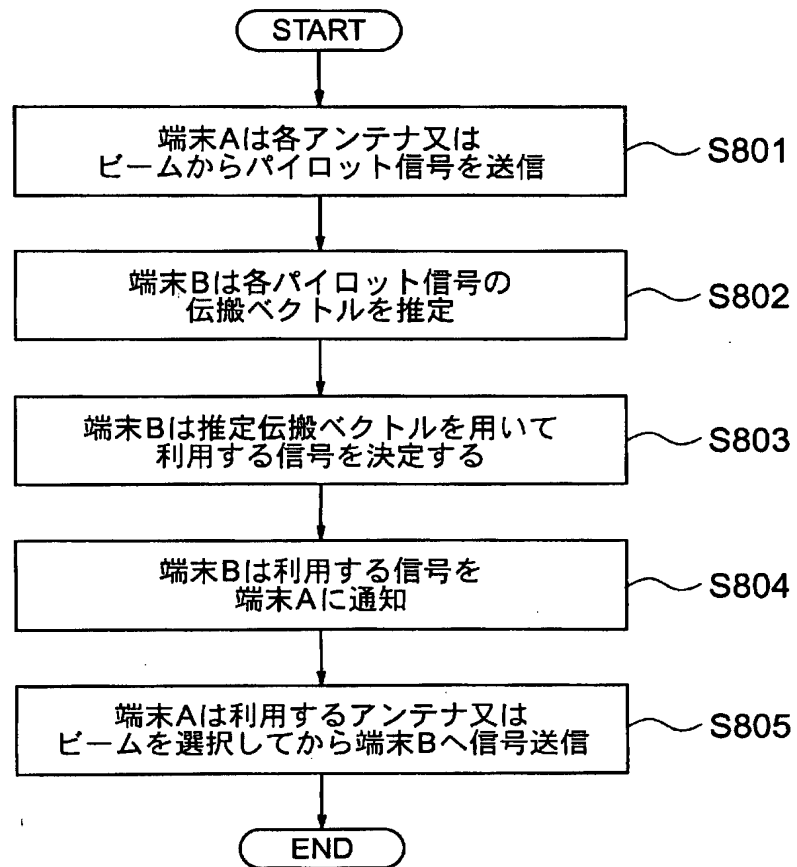
[図26]



[図27]



[図28]





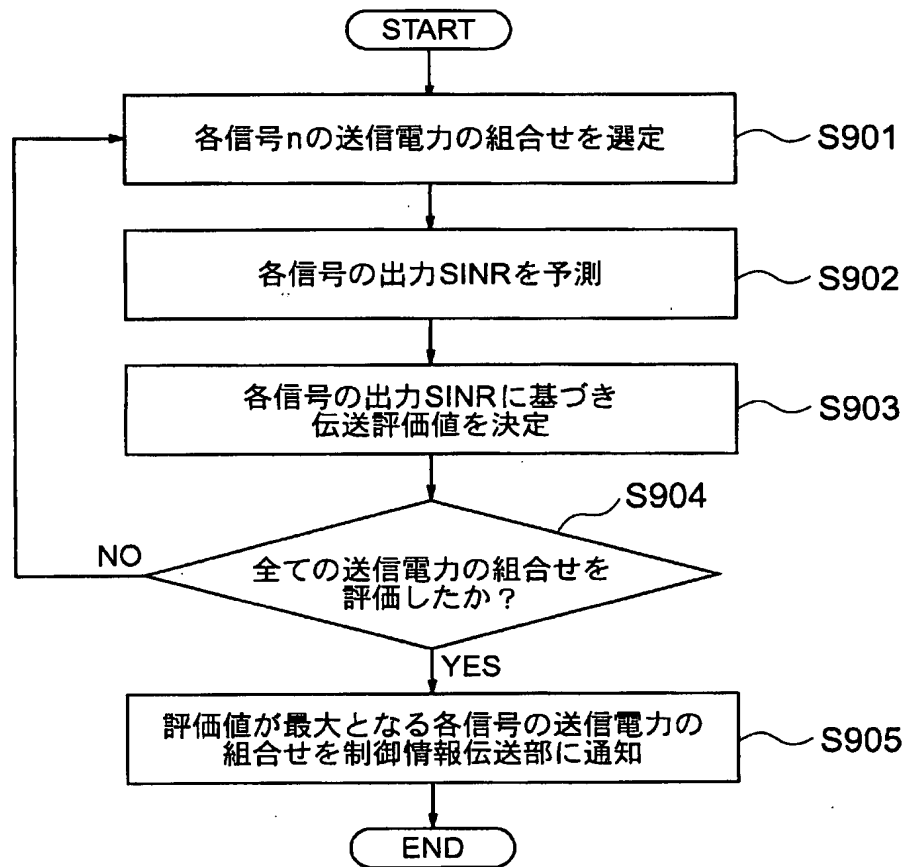
[図29]

75 各信号の電力の 大きさ (#1, #2, #3)	72 出力SINR[dB] ( $\Gamma_1, \Gamma_2, \Gamma_3$ )	73 各信号の伝送評価値 (伝送速度) (#1, #2, #3)	74 伝送評価値の合計
(3,0,0)	(14.0, -, -)	(9.5,0.0,0.0)	9.5
(0,3,0)	(-, 15.3, -)	(0.0,11.2,0.0)	11.2
(0,0,3)	(-, -, 2.2)	(0.0,0.0,8.8)	8.8
(2,1,0)	(9.1,6.8, -)	(5.4,4.5,0.0)	9.9
(0,2,1)	(-, 7.3,2.9)	(0.0,6.2,1.3)	7.5
⋮	⋮	⋮	⋮
(1,1,1)	(-0.5,3.4,0.3)	(0.6,1.5,1.8)	2.9

※送信アンテナが3つの場合

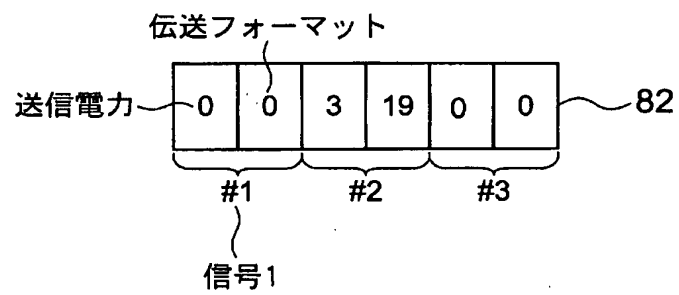
最大伝送速度を選択

[図30]

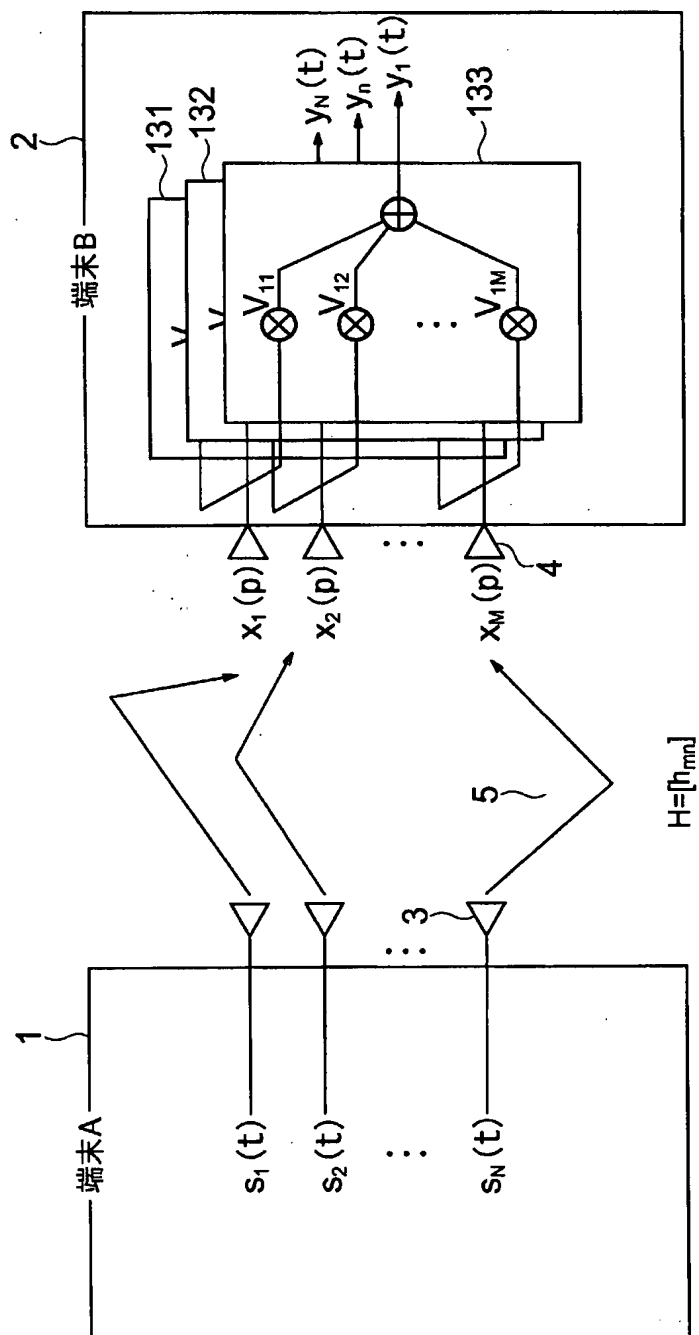


[図31]

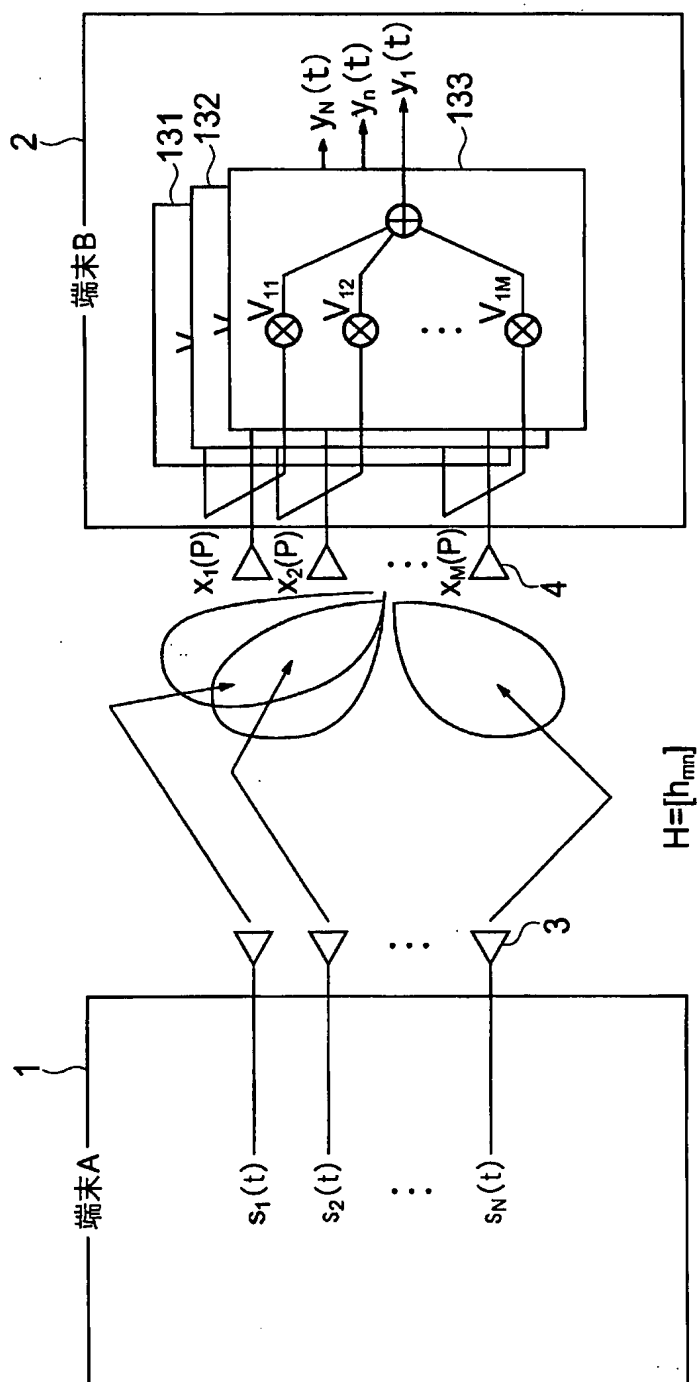
端末B → 端末A (制御信号)



[図32]



[図33]



# INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2004/010845

## A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

Int.Cl<sup>7</sup> H04J15/00

According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC

## B. FIELDS SEARCHED

Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)

Int.Cl<sup>7</sup> H04J15/00

Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched

Jitsuyo Shinan Koho	1926-1996	Toroku Jitsuyo Shinan Koho	1994-2004
Kokai Jitsuyo Shinan Koho	1971-2004	Jitsuyo Shinan Toroku Koho	1996-2004

Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practicable, search terms used)

## C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
Y	JP 2000-101667 A (Lucent Technologies Inc.), 07 April, 2000 (07.04.00), Par. Nos. [0006] to [0017]; Fig. 1 & EP 0951091 A2 & KR 99083226 A & US 6317466 B1 & US 2001/0050964 A1	1-20
Y	WO 2003/001702 A1 (QUALCOMM INC.), 03 January, 2003 (03.01.03), Full text; all drawings & US 2003/0043732 A1 & EP 1410526 A1 & KR 2004008227 A & US 6751187 B2 & AU 2002320176 A1 & JP 2004-531980 A	1-20

☒ Further documents are listed in the continuation of Box C.

☐ See patent family annex.

\* Special categories of cited documents:

"A" document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance

"E" earlier application or patent but published on or after the international filing date

"L" document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)

"O" document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means

"P" document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed

"T" later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention

"X" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone

"Y" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art

"&" document member of the same patent family

Date of the actual completion of the international search  
22 October, 2004 (22.10.04)

Date of mailing of the international search report  
09 November, 2004 (09.11.04)

Name and mailing address of the ISA/  
Japanese Patent Office

Authorized officer

Facsimile No.

Telephone No.

## INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2004/010845

## C (Continuation). DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
A	WO 2002/075953 A2 (HEINRICH-HERTZ-INSTITUT FÜR NACHRICHTENTECHNIK GMBH.), 26 September, 2002 (26.09.02), Page 9, lines 5 to 19 & DE 10114052 C1 & WO 2002/075953 A2 & EP 1374419 A2 & AU 2002302314 A1	1-20
A	JP 2003-110474 A (Lucent Technologies Inc.), 11 April, 2003 (11.04.03), Par. No. [0020] & EP 1289182 A2 & US 2003/0076908 A1	1-20
A	JP 2003-179965 A (Sanyo Electric Co., Ltd.), 27 June, 2003 (27.06.03), Par. Nos. [0050] to [0052] (Family: none)	4, 5, 11, 16, 17, 19
A	JP 2001-333002 A (NTT Docomo Inc.), 30 November, 2001 (30.11.01), Par. Nos. [0050] to [0054] & EP 1158696 A2 & US 2002/0003833 A1 & CN 1349366 A	6, 18
A	JP 2003-032745 A (Matsushita Electric Industrial Co., Ltd.), 31 January, 2003 (31.01.03), Par. No. [0087]; Fig. 12 & WO 2003/007646 A1 & KR 2003036783 A & US 2004/0022176 A1 & EP 1408712 A1 & CN 1473448 A & AU 2002318520 A1	6, 18
A	JP 2002-319885 A (Matsushita Electric Industrial Co., Ltd.), 31 October, 2002 (31.10.02), Par. No. [0047] & WO 2002/087113 A1 & EP 1286481 A1 & KR 2003011904 A & US 2003/0189917 A1 & CN 1461539 A & AU 2002248032 A1	7, 8
A	JP 11-205205 A (Nippon Telegraph And Telephone Corp.), 30 July, 1999 (30.07.99), Full text; all drawings (Family: none)	7, 8
A	JP 2000-209145 A (Nippon Telegraph And Telephone Corp.), 28 July, 2000 (28.07.00), Par. Nos. [0010] to [0015] (Family: none)	9

A. 発明の属する分野の分類 (国際特許分類 (IPC))  
Int. Cl.<sup>7</sup> H04J15/00

B. 調査を行った分野

調査を行った最小限資料 (国際特許分類 (IPC))  
Int. Cl.<sup>7</sup> H04J15/00

最小限資料以外の資料で調査を行った分野に含まれるもの

日本国実用新案公報 1926年-1996年  
日本国公開実用新案公報 1971年-2004年  
日本国登録実用新案公報 1994年-2004年  
日本国実用新案登録公報 1996年-2004年

国際調査で使用した電子データベース (データベースの名称、調査に使用した用語)

C. 関連すると認められる文献

引用文献の カテゴリー*	引用文献名 及び一部の箇所が関連するときは、その関連する箇所の表示	関連する 請求の範囲の番号
Y	JP 2000-101667 A (ルセント テクノロジーズ インコーポレーテッド), 2000.04.07, 第0006段落~第0017段落, 第1図 &EP 0951091 A2 &KR 99083226 A &US 6317466 B1 &US 2001/0050964 A1	1-20
Y	WO 2003/001702 A1 (QUALCOMM INCORPORATED), 2003.01.03, 全文, 全図 &US 2003/0043732 A1 &EP 1410526 A1 &KR 2004008227 A &US 6751187 B2 &AU 2002320176 A1 &JP 2004-531980 A	1-20

☒ C欄の続きにも文献が列挙されている。

☐ パテントファミリーに関する別紙を参照。

\* 引用文献のカテゴリー

「A」 特に関連のある文献ではなく、一般的技術水準を示すもの  
「E」 国際出願日前の出願または特許であるが、国際出願日以後に公表されたもの  
「L」 優先権主張に疑義を提起する文献又は他の文献の発行日若しくは他の特別な理由を確立するために引用する文献 (理由を付す)  
「O」 口頭による開示、使用、展示等に言及する文献  
「P」 国際出願日前で、かつ優先権の主張の基礎となる出願

の日の後に公表された文献

「T」 国際出願日又は優先日後に公表された文献であって出願と矛盾するものではなく、発明の原理又は理論の理解のために引用するもの  
「X」 特に関連のある文献であって、当該文献のみで発明の新規性又は進歩性がないと考えられるもの  
「Y」 特に関連のある文献であって、当該文献と他の1以上の文献との、当業者にとって自明である組合せによって進歩性がないと考えられるもの  
「&」 同一パテントファミリー文献

国際調査を完了した日

22. 10. 2004

国際調査報告の発送日

09.11.2004

国際調査機関の名称及びあて先

日本国特許庁 (ISA/JP)  
郵便番号100-8915  
東京都千代田区霞が関三丁目4番3号

特許庁審査官 (権限のある職員)  
高野 洋

5 K 3 4 6 2

電話番号 03-3581-1101 内線 3556



## C (続き) . 関連すると認められる文献

引用文献の カテゴリー*	引用文献名 及び一部の箇所が関連するときは、その関連する箇所の表示	関連する 請求の範囲の番号
A	WO 2002/075953 A2 (HEINRICH-HERTZ-INSTITUT FÜR NACHRICHTENTECHNIK GMBH), 2002.09.26, 第9頁第5行～第19行 &DE 10114052 C1 &WO 2002/075953 A2 &EP 1374419 A2 &AU 2002302314 A1	1-20
A	JP 2003-110474 A (ルセント テクノロジーズ インコーポレーテッド), 2003.04.11, 第0020段落 &EP 1289182 A2 &US 2003/0076908 A1	1-20
A	JP 2003-179965 A (三洋電機株式会社), 2003.06.27, 第0050段落～第0052段落 (ファミリーなし)	4, 5, 11, 16, 17, 19
A	JP 2001-333002 A (株式会社エヌ・ティ・ティ・ド・コム), 2001.11.30, 第0050段落～第0054段落 &EP 1158696 A2 &US 2002/0003833 A1 &CN 1349366 A	6, 18
A	JP 2003-032745 A (松下電器産業株式会社), 2003.01.31, 第0087段落, 図12 &WO 2003/007646 A1 &KR 2003036783 A &US 2004/0022176 A1 &EP 1408712 A1 &CN 1473448 A &AU 2002318520 A1	6, 18
A	JP 2002-319885 A (松下電器産業株式会社), 2002.10.31, 第0047段落 &WO 2002/087113 A1 &EP 1286481 A1 &KR 2003011904 A &US 2003/0189917 A1 &CN 1461539 A &AU 2002248032 A1	7, 8
A	JP 11-205205 A (日本電信電話株式会社), 1999.07.30, 全文, 全図 (ファミリーなし)	7, 8
A	JP 2000-209145 A (日本電信電話株式会社), 2000.07.28, 第0010段落～第0015段落 (ファミリーなし)	9